

DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE TRIGONELINA, FURFURAL, ÁCIDOS CLOROGÊNICOS E CAFEÍNA NO PROCESSAMENTO E NA TORRAÇÃO DOS GRÃOS DO CAFÉ IMATURO¹

Eduardo C. Dias ², Rosemary G. F. A. Pereira ², Flávio M. Borém ³, Sara Cunha ⁴, José O. Fernandes ⁴.

¹ Trabalho financiado pela CAPES e pelo Laboratório de Bromatologia e Hidrologia da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, Portugal em conjunto com o Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, Lavras - MG

² Pesquisador, Dr. Sc., Departamento de Ciência dos Alimentos, UFLA-MG, ecdias5@gmail.com

³ Professor, Dr. Sc., Departamento de Engenharia, UFLA-MG, flavioborem@deg.ufla.br

² Professora, Dra. Sc., Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras - MG
rosegfap@hotmail.com

⁴ Pesquisadora, Dra. Sc., Requite, Serviço de Bromatologia, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Portugal
saracunha@ff.up.pt

⁴ Professor, Dr. Sc., Requite, Serviço de Bromatologia, Faculdade de Farmácia, Universidade do Porto, Portugal
josefer@ff.up.pt

RESUMO: As modificações ocorridas na constituição química dos frutos imaturos em função dos procedimentos realizados no processamento do café são importantes do ponto de vista da qualidade da bebida e da saúde do consumidor, originando diferentes níveis dos compostos encontrados nos grãos de café como a trigonelina, furfural, ácidos clorogênicos e cafeína. As mudanças observadas nesses componentes dos grãos de café são decorrentes da realização de diferentes procedimentos como a imersão em água, repouso dos grãos amontoados e na presença e ausência da casca dos frutos durante a secagem. Na realização da torração média e escura ocorrem mudanças na constituição dos grãos de café, em razão das variações do tempo, temperatura e a cor dos grãos. A qualidade do café está associada ao sabor e aroma, e devido à complexidade das alterações químicas, bioquímicas e fisiológicas que irão definir as mudanças na qualidade do café. Este trabalho teve como objetivo verificar as diferenças na constituição química dos grãos em relação aos diversos procedimentos aplicados na pós-colheita do café imaturo. Os níveis de trigonelina apresentaram alterações em função dos procedimentos aplicados tanto na realização da torração média como na escura. Os ácidos clorogênicos e o furfural apresentaram diferenças significativas na realização da torração média. Não ocorreram variações nos teores da cafeína nos diferentes processos. O aumento no conteúdo dos ácidos clorogênicos, trigonelina e furfural foram verificados no café descascado em comparação com o café imaturo natural.

Palavras-chave: café imaturo, processamento, trigonelina, furfural, ácidos clorogênicos, cafeína.

EVALUATION OF TRIGONELLINE, CHLOROGENIC ACIDS, FURFURAL AND CAFFEINE IN UNRIPE COFFEE ROASTING

ABSTRACT: Alterations in the chemistry of immature fruits on the basis of procedures performed in processing coffee are important from the perception of beverage quality and the health of consumers, generating different levels of compounds found in coffee such as trigonelline, furfural, chlorogenic acids and caffeine. The observed changes in these components of coffee beans are involved in achieving various procedures such as immersion in water, rest piled of grains, presence and absence of the skin fruit during drying. In conducting the medium and dark roasting, changes occur in the constitution of coffee beans, because of the variations of time, temperature and color of the grains. The quality coffee's associated with flavor and aroma, because the complex chemical, biochemical and physiological changes that will define the quality coffee. This work aims to correlate with differences in the chemical composition of the grains on the different procedures applied in immature coffee post-harvest. The levels of trigonelline showed changes in terms of procedures both in terms of medium roast as in the dark. Chlorogenic acids, furfural showed significant differences in the performance of medium roasting coffee, and caffeine did not vary in the different processes. The increase in the content of chlorogenic acids, trigonelline and furfural were observed in the unripe depulped coffee compared with unripe natural coffee.

Keywords: unripe coffee, processing, trigonelline, furfural, chlorogenic acids, caffeine.

INTRODUÇÃO

Os grãos verdes ou imaturos estão presentes na maioria dos cafés no Brasil, independentemente da forma de processamento. No processo via seca os frutos maduros, verdes e passa são secos integralmente, com todos os tecidos que recobrem as sementes, enquanto no processo via úmida, os frutos maduros são descascados e dependendo da presença e do método de retirada da mucilagem aderida ao pergaminho que recobre as sementes, resultam nos cafés conhecidos como descascados, despulpados e desmucilados. É bem aceito que os cafés obtidos por meio de diferentes processos apresentam características distintas na qualidade (Illy & Viani, 1995). A remoção dos frutos imaturos é realizada a partir do descascamento dos frutos maduros. Após esta operação, o lote composto predominantemente de frutos verdes tem um baixo potencial para produzir café de boa qualidade, colocando, muitas vezes em questionamento a viabilidade do descascamento. A qualidade dos frutos imaturos pode ser melhorada, dependendo do processamento e dos cuidados adotados durante a secagem. O descascamento dos frutos verdes surgiu como uma forma de melhorar a qualidade deste café e agregar valor aos grãos do café imaturo (Borém, 2008). Os grãos resultantes desse processamento apresentaram qualidade superior aos grãos oriundos dos frutos secados na sua forma integral (Nobre, 2009).

A constituição original dos grãos de café é alterada durante o processamento e as diferenças na composição química dos grãos contribuem para que os mesmos, quando submetidos ao processo de torração forneçam bebidas com características diferenciadas (Borém, 2008). As alterações indesejáveis nas características químicas e bioquímicas dos grãos de café são causadas por muitos fatores como: fermentações por microorganismos, manejo inadequado desde a colheita até o processamento e condições climáticas adversas como temperatura e umidade relativa elevadas. Além desses fatores sabe-se que a presença do defeito verde nos lotes de café deprecia a bebida (Bartholo; Guimarães, 1989). A qualidade da bebida está associada ao sabor e aroma e ocorrem devido à complexidade dos compostos presentes no café torrado (França; Mendonça & Oliveira, 2004). Ao longo do desenvolvimento e no processamento dos frutos, ocorrem variações na constituição química dos grãos, entretanto vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos, com o objetivo de relacionar os componentes químicos e físico-químicos com a qualidade do café (Nobre, 2009).

A trigonelina tem recebido considerável atenção, tanto do ponto de vista sensorial como nutricional, pois tem efeito sobre o sistema nervoso central, na secreção da bile e na mobilidade intestinal (Clarke & Macrae, 1987). Na torração dos grãos de café, a trigonelina é degradada, sendo a sua perda proporcional à drasticidade do processo, ocorrendo a formação de importantes compostos para o aroma do café (Illy & Viani, 1995). Além disso, é convertida em niacina, que faz do café um dos únicos alimentos que tem seu valor nutricional aumentado após o processamento térmico (Casal et al., 2000; Maria; Moreira & Trugo, 1999). O furfural é um produto da reação de Maillard, utilizado como identificador de efeitos do aquecimento, podendo ser considerado também, como indicador da degradação de alimentos e bebidas, quando encontrado em grandes concentrações, entretanto, quando presente em baixas concentrações compõe o aroma de bebidas (Granados et al., 1995; Schultheiss; Jensen & Galensa, 2000). O furfural está presente em altos níveis após a torração clara dos grãos de café, sendo sua presença facilmente identificada pela fragrância de cereal (Sivetz, 1963). É originado da sacarose presente no grão do café cru, pelas reações de Maillard e pirólise. Os ácidos clorogênicos são compostos fenólicos que representam 6-12% dos componentes do café (Farah et al., 2005). Além do aspecto nutricional, são importantes na avaliação sensorial da bebida, e são conhecidos por serem responsáveis pela formação do aroma e adstringência do café (Farah & Donangelo, 2006). A degradação térmica dos ácidos clorogênicos durante a torração resultará na formação de compostos aromáticos como os fenóis, que são indesejáveis na qualidade da bebida (Toci & Farah, 2008) e produzem também derivados com diferentes atividades biológicas (Nogueira & Trugo, 2003; Vitorino et al., 2001). Além disso, os ácidos clorogênicos participam na formação da cor dos grãos através da sua incorporação na estrutura das melanoidinas (Farah & Donangelo, 2006). À medida que adianta o processo de torração, a atividade antioxidante do café diminui pela perda dos compostos fenólicos (Castillo; Ames & Gordon, 2002; Duarte et al., 2005). No entanto, outros componentes antioxidantes são formados durante a torração, resultantes da reação de Maillard (Anese & Nicoli, 2003; Castillo; Ames & Gordon, 2002). Os grãos de café contêm níveis entre 0,8 e 2,8% de cafeína, um importante composto fisiologicamente ativo e seus efeitos ainda são discutidos em inúmeros estudos. A cafeína é conhecida por seu efeito estimulante no sistema nervoso central, a elevação da pressão arterial e o aumento da taxa metabólica (Hidgon & Frei, 2006). É geralmente associada a melhorias do estado de alerta, na capacidade de aprendizagem e no desempenho de exercício quando consumida moderadamente (Farah et al., 2005). Estudos indicam que esta acumula-se preferencialmente nos rebentos novos, nas folhas e sementes imaturas (Zheng; Ashihara, 2004). A cafeína não diminui a concentração ao longo do processo de maturação dos frutos, não tanto como os ácidos clorogênicos, como apontado por Clifford & Kazi (1987).

A caracterização dos constituintes químicos presentes nos grãos do café é um fator importante na determinação da qualidade da bebida. A qualidade dos frutos do café imaturo pode ser alterada em função do processamento via seca e via úmida. Devido à capacidade operacional dos equipamentos no descascamento dos grãos do café no mesmo dia, o armazenamento temporário dos frutos imaturos é realizado como uma forma de um repouso prévio para posterior descascamento, não necessariamente comprometendo a qualidade final do café (Nobre, 2009). No processo de torração dos grãos, ocorrem variações na constituição química dos grãos devido ao grau de torra utilizado (médio e escuro), que são caracterizados pela cor do grão, perda de massa, aroma e sabor desenvolvidos. A temperatura e o tempo empregados na torração dos grãos contribuem para que a composição do café torrado seja significativamente diferente consoante o grau de torração utilizado. O objetivo deste trabalho foi estudar as variações nas concentrações de

trigonelina, ácidos clorogênicos, furfural e cafeína presentes nos grãos do café imaturo na realização das diferentes formas de processamento, verificando as alterações ocorridas após a torração média e escura dos grãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) da cultivar Topázio, (safra 2006/2007) foram colhidos no campus da Universidade Federal de Lavras. As amostras foram provenientes do experimento que determinou a qualidade dos frutos imaturos do café processado por via seca e via úmida, submetidos a diferentes períodos de repouso, com presença e ausência de água (Nobre, 2009). Foi realizado o descascamento dos frutos cereja, a partir do lote de café cereja e verdes, com a pressão do descascador regulada permitindo a obtenção na saída do descascador de no máximo 10% de frutos cerejas na porção de frutos verdes. A porção de 90% de frutos verdes e 10% de frutos maduros foi dividida em 3 parcelas, constituindo a matéria-prima deste trabalho. A primeira parcela foi usada como controle. Outra parte desta mistura foi processada regulando a pressão, resultando em uma parcela natural e outra de café descascado (sem repouso). A terceira parte da mistura com 10% de frutos cereja foi colocada em duas caixas, em repouso durante 12 horas. Uma das caixas foi preenchida com água. Após o período de repouso os frutos foram descascados e originaram o verde descascado e o natural com repouso em água, e o café descascado e natural em repouso seco sem água (Nobre, 2009). A secagem do café imaturo natural foi realizada em terreiros ao sol, em camadas finas intercaladas com pequenas leiras de no máximo 2 cm, com revolvimento de até 12 vezes por dia. Ao atingir a meia-seca, a secagem foi conduzida em leiras de 15 cm, revolvidas pelo menos 10 vezes ao dia, até atingir 11% do teor de água. O café verde descascado foi seco em terreiro em camadas de no máximo 2 cm com revolvimento de 16 vezes no dia.

As amostras de café foram torradas em um torrador modelo Probat BRZ - 6, no grau de torração médio e escuro, de acordo com Pittia et al., (1996); Pizzirani et al., (1996), sendo a temperatura inicial no torrador de 150 ° C. Os pontos finais da torração foram determinados por exame visual e instrumental com um colorímetro (Chromameter-2 Reflectance, Minolta, Osaka, Japão) acoplado a um processador de dados (OP-300). Os grãos torrados foram embalados a vácuo e as amostras foram refrigeradas na temperatura de 4 ° C até a realização das análises. Os grãos foram moídos em um moedor elétrico na granulometria de 20 mesh (Moulinex, modelo A843, Ecully, França). Foram preparadas soluções padrões da cafeína, trigonelina, ácido clorogênico na concentração de 5mg mL⁻¹ e do furfural a 1mg mL⁻¹, diluídas em água ultrapura e armazenadas a 5° C. Foi realizada a extração com água quente, colocando 0,5 g de café torrado e moído em 100 mL de água ultrapura segundo Chambel et al. (1997) para a determinação da cafeína, furfural, trigonelina e o ácido clorogênico (ácido 5 - cafeoilquinico). O extrato final foi filtrado em membrana de 0,45 µm, e logo após em uma membrana de 0,22 µm (Millipore). Na determinação da cafeína, as soluções obtidas das amostras foram diluídas quatro vezes.

As análises foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), em um cromatógrafo da marca Gilson 811 C (Modelo 302-303), em uma coluna de fase reversa C₁₈ Ace (5 µm x 250 mm x 4,6 mm). O sistema encontrava-se acoplado a um detector espectrofotométrico UV/visível Holochrome (modelo 4270/4290), conectado com um integrador 4270/4290 Varian. Uma alíquota de 20 µL foi injetada no HPLC, utilizando como fase móvel uma solução de água com 0,2% de ácido acético (A) e metanol (B), em temperatura ambiente, com um fluxo de 1 mL minuto⁻¹. A detecção foi realizada por UV/Vis em um comprimento de onda de 272 nm.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3 x 2 [2 processamentos (via seca e via úmida), 3 procedimentos (sem repouso, 12 horas imerso em água e 12 horas amontoado) e dos graus de torração (médio e escuro)] em 3 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O modelo linear utilizado foi o procedimento GLM do SAS (Statistical Analysis System Institute - Sas Institute, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis das substâncias analisadas são importantes do ponto de vista nutricional, farmacológico e sensorial nos grãos do café imaturo. Nos resultados obtidos por Nobre (2009), o café imaturo cru quando descascado apresenta a composição química mais adequada se comparada a dos grãos de frutos verdes naturais, com menor quantidade de defeitos, proporcionando a melhoria da qualidade final do café após a análise sensorial. Foram verificadas alterações significativas nos níveis de compostos presentes nos grãos após o processamento e na torração média e escura. Entretanto, o metabolismo dos frutos do café torna-se mais ativo quando são processados pela via úmida (Bytof et al., 2005). Uma das razões destas variações pode ser devido à indução ao processo de germinação que geralmente ocorre devido à imersão na água dos frutos descascados. Este procedimento ocasiona alterações na constituição química dos grãos, através de reações de hidrólise enzimática que afetam a estabilidade dos compostos solúveis, abrangendo inúmeros eventos metabólicos que irão desenvolver características específicas na composição química dos grãos de café. Durante a secagem dos grãos do café, o estresse hídrico gerado através do decurso de vários eventos fisiológicos, contribuiu para que mudanças ao metabolismo alterem os níveis dos compostos presentes (Selmar & Bytof, 2007). Foi verificado o acúmulo de trigonelina em plantas sujeitas a vários tipos de estresse segundo Tramontano & Jouve, (1997).

Dentre os diferentes componentes químicos que podem ser alterados ou perdidos durante o processo de torração, uma atenção especial tem sido direcionada para a trigonelina e principalmente para os ácidos clorogênicos.

Nos resultados apresentados foi verificado que os frutos quando descascados no mesmo dia apresentaram uma quantidade superior nos níveis de trigonelina, furfural e dos ácidos clorogênicos. O processamento do café natural com a utilização do procedimento repouso sem água contribuiu para os maiores níveis dos ácidos clorogênicos na constituição química do café imaturo. Após o processamento dos frutos do café, os constituintes químicos do café torrado podem ser divididos em substâncias voláteis, responsáveis pelo aroma da bebida, e não voláteis, que contribuem para o gosto amargo, ácido e a sensação de adstringência (Buffo; Cardelli-Freire, 2004). Embora as alterações de ordem física sejam mais facilmente verificadas, as alterações químicas são muito mais complexas e ainda não completamente elucidadas, que irão desenvolver as características organolépticas procuradas pelo consumidor da bebida do café. Complexos mecanismos bioquímicos encontram-se envolvidos na formação das características da cor, sabor e aroma do café durante a torração dos grãos, ocorrendo as reações de Maillard e de Strecker, caramelização de açúcares, degradação dos ácidos clorogênicos, proteínas e polissacarídeos. A torração é um ponto importante processo, pois nela ocorre a formação do sabor e aroma característicos do café, devido as alterações físicas e químicas, que resultarão na potencialização ou redução dos atributos de qualidade (Illy; Viani, 1995).

Os compostos químicos derivados de trigonelina são conhecidos por serem importantes no aroma do café (Trugo; Macrae, 1984). O processo de torração ocasiona uma diminuição significativa no conteúdo de trigonelina (Amorim et al., 1975; França et al., 2005; Trugo; Macrae, 1984). As perdas de trigonelina têm sido relatadas entre 50-80% após a torração (França et al., 2005; Trugo; Macrae, 1984). A perda média de trigonelina nos grãos do café imaturo na torração média para a torração escura foi em torno de 50%. Esta diminuição pode ser atribuída às diferentes condições de torração, que incluem as diferenças nos padrões colorimétricos, uma vez que a degradação da trigonelina foi relatada ser dependente do grau de torração dos grãos (Borges et al., 2004; Casal; Oliveira; Ferreira, 2000; Trugo; Macrae, 1984). Os níveis de trigonelina apresentaram diferenças quando realizadas a torração média e escura dos grãos do café imaturo, portanto, verifica-se uma maior quantidade no café descascado com os procedimentos sem repouso e repouso sem água. A composição do café quando realizada a torração média será, no entanto, significativamente diferente consoante a forma de condução do processo, já que os parâmetros que usualmente definem a torração são a sua duração, temperatura e intensidade (Casal et al., 2004). O procedimento sem repouso no café descascado proporcionou uma maior quantidade de trigonelina comparando com o mesmo procedimento no café natural. Na torração escura, o café descascado apresentou maior conteúdo quando processado no mesmo dia. Na comparação entre os processos (via seca e via úmida), o café descascado apresentou maior nível no repouso com água, diminuindo a quantidade com o procedimento repouso sem água, conforme apresentado na Tabela 1. Em grãos de café arábica foram relatados teores de $2,97 \text{ g kg}^{-1}$ na torração escura, com variações entre $8,9$ a $0,49 \text{ g kg}^{-1}$ em função da espécie e do grau de torração (Casal; Oliveira & Ferreira, 2000). Monteiro & Trugo (2005) relataram valores entre $5,0$ a $2,0 \text{ g kg}^{-1}$ de trigonelina em cafés na realização da torração média e escura, sendo que níveis superiores apresentados neste trabalho podendo ser devido ao grau de maturação dos frutos. O conteúdo de trigonelina em sementes de café processadas pelo método via úmida variou de $8,0$ a $14,0 \text{ g kg}^{-1}$ com média de $9,0 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto em sementes processadas por método cereja descascado, o conteúdo de trigonelina variou de $6,4$ a $9,2 \text{ g kg}^{-1}$, com média de $8,1 \text{ g kg}^{-1}$ (Duarte et al., 2010).

Foram verificados níveis superiores do ácido clorogênico por Nobre (2009), nos grãos crus do café imaturo natural em comparação com o café descascado. Entretanto, Guyot et al. (1995) observaram que os cafés processados pela via seca parecem conter teores inferiores dos ácidos clorogênicos, quando comparados com os processados pela via úmida. Após a torração média dos grãos imaturos deste trabalho foram encontrados níveis superiores dos ácidos clorogênicos no café natural, com a realização do procedimento repouso sem água. No café descascado foram encontrados níveis superiores no procedimento sem repouso. Os níveis dos ácidos clorogênicos não apresentaram diferenças significativas na torração escura, mais uma redução em torno de 40% dos ácidos clorogênicos, com o processo da torração média para a escura. Na comparação entre os processos via seca e via úmida, os teores dos ácidos clorogênicos foram alterados apresentando maiores quantidades no café descascado, com o procedimento sem repouso, e no café natural no procedimento repouso sem água. Araújo (2007) obteve um conteúdo médio de $5,5 \text{ g kg}^{-1}$ de ácidos clorogênicos no café arábica. Em função do grau de torração (Moreira; Trugo & Maria, 2000), verificaram níveis em torno de $2,6 \text{ g kg}^{-1}$ no café arábica na torração escura. Monteiro & Trugo (2005) relataram valores entre $5,96$ a $1,1 \text{ g kg}^{-1}$ em cafés comerciais com graus de torração média e escura, similares aos valores verificados na Tabela 1.

As concentrações de furfural encontradas em café apresentam valores entre $0,05$ - $0,25 \text{ g kg}^{-1}$ (IARC, 1995). O furfural é um dos principais derivados dos furanos, que são oriundos principalmente da degradação de glicídios presentes no café, contribuindo para os atributos sensoriais do café torrado. Os níveis de furfural foram superiores no procedimento sem repouso, quando realizada a torração média dos grãos imaturos descascados, não diferindo nos demais procedimentos. O aumento pode ser devido à disponibilidade das arabinogalactanas presentes nos grãos durante a formação do furfural na reação de Maillard (Maria et al., 1994). Não ocorreram variações no conteúdo de furfural na torração escura dos grãos, apresentando menores níveis em comparação com a torração média, provavelmente devido a sua degradação durante o processo de torração. Os teores de furfural diminuíram em torno de 50% nos valores médios do café descascado com a torração escura dos grãos imaturos. Um maior conteúdo de furfural, em torno de $0,25 \text{ g kg}^{-1}$ foi observado no café descascado em comparação com o café imaturo natural na realização da torração média. O aumento da concentração do furfural está relacionado com as mudanças no aroma dos alimentos (Lo Coco et al., 1996), que procederam da reação de Maillard ou caramelização, determinando o aroma característico de cereal no café torrado.

Os níveis de cafeína não apresentaram variações e está de acordo com os níveis relatados para os grãos do café arábica imaturo, em torno de 13,5 g kg⁻¹ de cafeína conforme verificado por Mazzafera, (1998), correspondendo aos valores encontrados neste trabalho. A variação da cafeína nos cafês torrados de diversos países, verificados por Casal, Oliveira & Ferreira (2000), foi de 12,1 a 16,1 g kg⁻¹ no café arábica, relatando teores em torno de 12,4 g kg⁻¹ no café arábica do Brasil. Em amostras de café comerciais foram encontradas variações nos teores de cafeína entre 8,0 a 14,0 g kg⁻¹ (Monteiro & Trugo, 2005). De acordo com os resultados obtidos de Balylaya & Clifford (1995) e Leloup et al. (2004) não ocorreram diferenças significativas entre os métodos de processamento via seca e via úmida em relação ao conteúdo de cafeína, podendo ser possivelmente devido à estabilidade desta substância no processamento e na secagem dos grãos. Nos grãos de café despulpados, o conteúdo da cafeína variou entre 10,5 e 15,3 g kg⁻¹ enquanto que nos grãos processados pelo método cereja descascado os níveis de cafeína variaram entre 11,2 e 15,4 g kg⁻¹ segundo Duarte, Pereira & Farah (2010). A cafeína praticamente não sofre alterações com a torração, apresentando estabilidade neste processo (Casal; Oliveira & Ferreira, 2000; Moreira; Trugo & Maria, 2000). Os valores verificados no grão cru para cafeína encontram-se dentro do que está estabelecido pela literatura, em torno de 5,0 a 20,0 g kg⁻¹ no café arábica segundo (Mello et al., 1992; Monteiro & Trugo, 2005).

Tabela 1 Níveis de trigonelina, furfural, ácidos clorogênicos e cafeína (g/kg) no processamento do café verde imaturo durante a realização da torra média e escura.

| Processamento do café imaturo | Torra | Trigonelina | Furfural | Ac. clorogênicos | Cafeína |
|-------------------------------|--------|-------------|-----------|------------------|-----------|
| Controle | Média | 5,31 ± 0,8 | 0,12±0,2 | 5,29±0,4 | 13,92±0,3 |
| | Escura | 4,12 ± 0,6 | 0,08±0,04 | 3,62±0,3 | 13,59±0,8 |
| Natural (sem repouso) | Média | 6,10 ± 1,2 | 0,06±0,1 | 5,12±0,7 | 13,58±0,3 |
| | Escura | 3,25 ± 0,2 | 0,05±0,1 | 3,29±0,8 | 13,93±0,5 |
| Natural (repouso em água) | Média | 6,17 ± 1,4 | 0,07±0,04 | 5,30±1,0 | 13,24±0,1 |
| | Escura | 3,24 ± 0,9 | 0,08±0,6 | 3,18±0,8 | 13,64±0,3 |
| Natural (repouso seco) | Média | 5,66 ± 0,3 | 0,05±0,1 | 4,66±0,09 | 13,51±0,1 |
| | Escura | 2,90 ± 0,4 | 0,01±0,0 | 2,87±0,1 | 13,65±0,6 |
| Descascado (sem repouso) | Média | 8,52 ± 1,6 | 0,25±0,3 | 7,81±0,9 | 13,28±0,3 |
| | Escura | 4,80 ± 1,1 | 0,11±0,6 | 3,86±0,8 | 13,09±0,2 |
| Descascado (repouso em água) | Média | 8,00 ± 0,8 | 0,09±0,1 | 7,25±1,3 | 12,92±0,9 |
| | Escura | 3,99 ± 0,4 | 0,07±0,5 | 3,74±0,2 | 14,26±0,3 |
| Descascado (repouso seco) | Média | 5,84 ± 1,5 | 0,06±0,2 | 4,61±0,6 | 12,80±0,2 |
| | Escura | 4,07 ± 0,9 | 0,11±0,7 | 3,93±0,8 | 13,10±0,2 |

CONCLUSÕES

Na torração média os níveis de trigonelina, ácidos clorogênicos e furfural apresentaram uma maior quantidade no procedimento sem repouso do café imaturo descascado. Foram verificados níveis superiores dos ácidos clorogênicos no procedimento repouso sem água do café imaturo natural. Na torração escura ocorreram variações somente nos níveis da trigonelina com maior conteúdo no café imaturo descascado processado no mesmo dia. Na comparação dos processos, o café natural apresentou maior quantidade de trigonelina com o repouso sem água e o café descascado no repouso com água. A cafeína não apresentou variações nos processos realizados. A qualidade final da bebida está intrinsecamente relacionada à composição dos grãos torrados, sendo influenciada pelas características da matéria-prima e pelas condições de processamento realizadas na pós-colheita do café. As diferenças verificadas a partir dos níveis dos compostos analisados auxiliam na escolha do processamento e na determinação do grau de torração ideal para obtenção de uma bebida com qualidade superior dos grãos do café imaturo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, H.V. et al. Chemistry of Brazilian green coffee and the quality of the beverage: 4., electrophoresis of soluble proteins in agargel and its interaction with chlorogenic acids. **Turrialba**, San José, v. 25, p. 18-24, 1975.
- ANESE, M. ; NICOLI, M.C. Antioxidant properties of ready-to-drink coffee brews. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 4, p. 942-946, Feb. 2003.
- ARAÚJO, F.A. Café (*Coffea arabica* L.) submetido a diferentes condições de torrefação: caracterização química e avaliação da atividade antioxidante e sensorial. 2007. 130 p. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- BALYLAYA, K. J.; CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids and caffeine contents of monsooned Indian Arabica and robusta coffees compared with wet and dry processed coffees from the same geographic area. In: Association for Science and Information on Coffee Colloque Coffee, 16., 1995, Kyoto. Proceedings... Kyoto: ASIC, 1995. p. 316-324.
- BOREM, F. M. Pós-colheita do café. Lavras: UFLA, 2008. v. 1, 631 p.

- BORGES, M. L. A. et al. Perfis de trigonelina, ácido 5-cafeoilquínico e cafeína em cafês de diferentes qualidades durante a torração. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, MG, n. 8, p. 14-18, 2004. Especial café.
- BUFFO, R. A.; Cardelli-Freire, C. Coffee flavour: an overview. **Flavour and Fragrancy Journal**, Chichester, v. 19, n. 2, p. 99-104, Feb. 2004.
- CASAL, S. et al. Free and conjugated biogenic amines in green and roasted coffee beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 20, p. 6188-6192, Sept. 2004.
- CASAL, S.; OLIVEIRA, B.; FERREIRA, M. A. HPLC/diode-array applied to the thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. **Food Chemistry**, London, v. 68, n. 4, p. 481-485, Apr. 2000.
- CASTILLO, M. D.; AMES, J. M.; GORDON, M. H. Effect of roasting on antioxidant activity of coffee brews. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 13, p. 3698-3703, Aug. 2002.
- CHAMBEL, P. et al. Development of an HPLC/diode-array detector method for simultaneous determination of 5-hmf, furfural, 5-o-caffeoylquinic acid and caffeine in coffee. **Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies**, New York, v. 20, n. 18, p. 2949-2957, Nov. 1997.
- CLIFFORD, M. N.; KAZI, T. The influence of coffee bean maturity on the content of chlorogenic acids, caffeine and trigonelline. **Food Chemistry**, London, v. 26, n. 1, p. 59-69, Jan. 1987.
- DIAS, A. F. A reação de Maillard nos alimentos e medicamentos. São Paulo: Petra, 2009. 61 p. Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/407299/A-reacao-de-Maillard-nos-Alimentos-e-Medicamentos-2009-61pp> 10 dez. 2009.
- DUARTE, G. S.; PEREIRA, A. A.; FARAH, A. Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. **Food Chemistry**, London, v. 118, n. 3, p. 851-855, 2010.
- DUARTE, S. M. S. et al. Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 387-393, abr./jun. 2005.
- FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 2, p. 373-380, Oct. 2006.
- FARAH, A. et al. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 5, p. 1505-1513, Mar. 2005.
- FRANÇA, A. S. et al. Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, London, v. 90, n. 3, p. 89-94, Aug. 2005.
- FRANÇA, A. S.; MENDONÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. S. D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 38, n. 7, p. 709-715, 2004.
- GUYOT, B. et al. Influence du mode de préparation du café vert robusta sur la composition chimique et ses qualités organoleptiques. In: Association for Science and Information on Coffee Colloquium, 16., 1995, Kyoto. Proceedings... Paris: ASIC, p. 267-277, 1995.
- HIGDON, J.V.; FREI, B. Coffee and health: a review of recent human research. **Critical Review and Food Science and Nutrition** 46, 101-123, 2006.
- INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Dry cleaning, some chlorinated solvents and other industrial chemicals. Lyon, 407 p, 1995.
- LELOUP, V. et al. Impact of wet and dry process on green composition and sensory characteristics. In: Association for Science and Information on Coffee Colloquium, 20, Bangalore. Proceedings... New Delhi: ASIC, 2004. p. 93-100, 2004.
- LO COCO, F. et al. High-performance liquid chromatographic determination of 2-furaldehyde and 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde in honey. *Journal of Chromatography*, Amsterdam, v. 749, n. 1/2, p. 95-102, Oct. 1996.
- MACRAE, R. Nitrogenous components. In: CLARKE, R.; MACRAE, R. *Coffee: Chemistry*. London: Applied Science, p. 115-152, 1985.
- MARIA, C. A. B. et al. Composition of green coffee fractions and their contribution to the volatile profile formed during roasting. **Food Chemistry**, London, v. 50, n. 2, p. 141-145, Oct. 1994.
- MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Compostos voláteis do café torrado: parte I, compostos heterocíclicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 209-217, mar./abr. 1999.
- MAZZAFERA, P. Chemical composition of defective coffee beans. **Food Chemistry**, London, v. 64, p. 547-554, 1998.
- MELLO, M. R. P. A. et al. Estudo comparativo de métodos de extração para determinação de cafeína em café. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 52, n. 1/2, p. 89-95, 1992.
- MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C. Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 637-641, jul./ago. 2005.
- MOREIRA, R. F. A.; Trugo, L. C.; Maria, C. A. B. Compostos voláteis do café torrado: parte II, compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 195-203, mar./abr. 2000.
- NOBRE, G. W. Processamento e qualidade dos frutos verdes de café arábica. 2009. 85 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafês solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 296-299, mar./abr. 2003.
- PITTIA, P. et al. Evoluzione di alcune caratteristiche fisiche del caffè durante la torrefazione. **Industrie Alimentari**, Pinerolo, v. 35, n. 351, p. 945-950, 1996.
- PIZZIRANI, S. et al. Studio sulle caratteristiche chimiche e chimico-fisiche del caffè torrefatto e della bevanda di estrazione. **Industrie Alimentari**, Pinerolo, v. 34, n. 1, p. 658-663, 1996.

- SELMAR, D.; BYTOF, G. Green coffee is Alive!: a review on the metabolic processes taking place in coffee beans during processing and their implication for modern coffee research. In: Colloque Scientifique International sur le Café, 21., 2007, Paris. Proceedings... Paris: ASIC, 2007. 1 CD-ROM.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. The SAS system for windows: release 8.02. Cary, 2001. 842 p.
- TRAMONTANO, W. A.; JOUVE, D. Trigonelline accumulation in salt-stressed legumes and the role of other osmoregulators as cell cycle control agents. **Phytochemistry**, Oxford, v. 44, n. 6, p. 1037-1040, Mar. 1997.
- TRUGO, L. C. Analysis of coffee products. In: CABALLERO, B.; TRUGO, L. C.; FINGLAS, P. **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition**. London: Academic, v. 10, p. 1498-1506, 2003.
- TRUGO, L. C.; MACRAE, R. A. Study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. **Food Chemistry**, London, v. 15, n. 3, p. 219-227, Out. 1984.
- ZHENG, X. Q.; ASHIHARA, H. Distribution, biosynthesis and function of purine and pyridine alkaloids in Coffea arabica seedlings. **Plant Science**, Shannon, v. 166, n. 3, p. 807-813, Mar. 2004.