

## VARIAÇÃO NOS TEORES DE COMPOSTOS HIDROSSOLÚVEIS COM O TRATAMENTO PÓS-COLHEITA E GRAU DE TORRA DO CAFÉ ARÁBICA<sup>1</sup>

Cíntia Sorane Good Kitzberger<sup>2</sup>, Maria Brígida dos Santos Scholz<sup>3</sup>, Marta de Toledo Benassi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Trabalho sob o apoio do IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná.

<sup>2</sup> Doutoranda, M.Sc., Universidade Estadual de Londrina e Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina-PR, cintiasorane@yahoo.com.br.

<sup>3</sup> Pesquisadora, Dra., Instituto Agrônômico do Paraná, IAPAR, Londrina – PR.

<sup>4</sup> Docente, Dra., Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR.

**RESUMO:** A composição química do café é influenciada por fatores como o grau de torra, espécie e os processamentos de colheita e pós-colheita que a matéria-prima é submetida. A boa condução destes processos se reflete na qualidade final do produto em termos de características sensoriais. O presente trabalho tem como objetivo avaliar as modificações na composição em compostos hidrossolúveis (ácido nicotínico, trigonelina, ácido clorogênico e cafeína) dos grãos de café arábica (natural e cereja descascado) em três graus de torra (clara, média e escura). Cafés arábica (IAPAR 59), coletados nos campos experimentais do Instituto Agrônômico do Paraná (Londrina, PR) em estágio cereja, foram submetidos a diferentes processamentos: secados ao sol naturalmente (denominados cereja natural, CN) ou lavados e descascados antes da secagem (cereja descascado, CD). A torra foi conduzida a três graus: torra clara (13% de perda de peso,  $L^*$  de  $35,01 \pm 2,46$ ), média (17%,  $L^*$  de  $27,5 \pm 1,34$ ) e escura (20%,  $L^*$  de  $23,6 \pm 0,67$ ). Os compostos hidrossolúveis foram identificados e quantificados por cromatografia líquida de fase reversa (CLAE) empregando coluna Spherisorb ODS 1 e sistema de eluição gradiente. O aumento do grau de torra reduziu o teor de trigonelina e 5-ACQ e aumentou o teor de ácido nicotínico em todos os cafés. O tratamento pós-colheita também influenciou a composição. Para o grau de torra clara, o processamento natural apresentou os maiores teores de trigonelina e 5-ACQ comparado com o CD, atribuídos provavelmente a não remoção da casca e polpa. Com o aumento do grau de torra observou-se maior perda de trigonelina e 5-ACQ no CN, resultando em maiores teores de ácido nicotínico. Esses comportamentos indicam a necessidade de padronização dos processamentos pós-colheita e de torra simultaneamente, de maneira que a composição favoreça as características de qualidade do café.

**Palavras-chave:** CLAE, ácido nicotínico, trigonelina, cafeína, 5-ACQ.

### CHANGES IN LEVELS OF HIDRO-SOLUBLE COMPOUNDS WITH POST-HARVEST TREATMENT AND ROASTING DEGREE OF ARABICA COFFEE

**ABSTRACT:** The chemical composition of coffee is influenced by factors such as roasting degree, species and the harvest and post-harvest process to which raw material is submitted. The appropriate conduct of these processes leads to a coffee with better quality considering the sensory characteristics. The aim of the study was to evaluate the changes in the composition in hidro-soluble compounds (nicotinic acid, trigonelline, chlorogenic acid and caffeine) of arabica coffee beans (natural – CN and pulped – CD) in three roasting degrees (light, medium and dark). Arabica coffees (IAPAR 59) were collected from experimental fields of the Agronomy Institute of Paraná (Londrina, PR) on cherry stage. Different post-harvest treatments were applied: naturally dried in the sun (called natural) and washed and peeled before dry process (pulped). Different degrees of roasting were applied: light (weight loss of 13%,  $L^*$  of  $35.1 \pm 2.46$ ), medium (17%,  $L^*$  of  $27.5 \pm 1.34$ ) and dark (20%,  $L^*$  of  $23.6 \pm 0.67$ ). Reverse phase liquid chromatographic (HPLC) was used to identify and quantify the soluble compounds. A Spherisorb ODS 1 column and gradient elution were applied. For all coffees, the increase in roasting degree reduced the contents of trigonelline and 5-ACQ and increased the nicotinic acid. The post-harvest treatment also influenced the coffee composition. For the light degree of roast, the natural processing showed the highest levels of trigonelline and 5-CQA, compared with the CD, probably attributed to not removing of the skin and pulp. With increasing degree of roasting, there was greater loss of trigonelline and 5-CQA in the CN, resulting in higher levels of nicotinic acid. This behavior indicates the need for standardization of post-harvest processing and roasting simultaneously, so that the composition promotes the quality of coffee.

**Key words:** HPLC, nicotinic acid, trigonelline, caffeine, 5-CQA.

### INTRODUÇÃO

A composição química do café reflete a sua qualidade e é dependente de fatores genéticos, formas de cultivo, condições edafoclimáticas, condições de processamento (secagem e preparo dos grãos), armazenamento e processo de torra (Carvalho & Chalfoun, 1985; Pimenta & Vilela, 2003; Araújo, 2007).

A adequada condução dos procedimentos pós-colheita é de fundamental importância para que o café expresse e mantenha sua qualidade. Os grãos podem ser processados por via seca ou via úmida. No processamento via seca são

obtidos os cafés naturais onde ocorre a secagem dos frutos com casca, polpa, mucilagem, pergaminho e sementes. Por via úmida, obtêm-se os cafés despulpados, descascados e desmucilados. O processo para a obtenção do cereja descascado consiste na remoção da casca do café e posterior secagem sem retirada da mucilagem (Andrade et al., 2011).

O processo de torra também exerce grande influência na composição do café. Nesta fase ocorrem mudanças nos grãos de natureza física e química e envolvem reações de desidratação, hidrólise, fracionamento e catálise, que liberam gases e formam princípios aromáticos (Oosterveld et al.; 2003; Fernandes et al., 2001; Lopes, 2000; Abrahão, 2007).

Ácido nicotínico, trigonelina, ácido 5-cafeoilquínico (5-ACQ) e cafeína, dentre outros compostos, são importantes precursores do sabor e aroma e, portanto estão associados à qualidade da bebida. Esses componentes são também importantes do ponto de vista nutricional e funcional pela ação como vitamina (ácido nicotínico) e pelo potencial como antioxidantes (trigonelina, 5-ACQ e cafeína). A formação e conversão destes compostos dependem do processo de torrefação utilizado e podem apresentar variações em relação à espécie e processos de pós-colheita (Silva, et al., 2005, Montavon et al., 2003; Abrahão, 2007).

O conhecimento das variações relacionadas aos tratamentos pós-colheita e ao grau de torra torna-se de grande importância para prever a qualidade do café, bem como estabelecer uma relação entre estes parâmetros e compostos que indiquem qualidade sensorial e funcionalidade.

Propõe-se, no presente trabalho, avaliar as modificações na composição de hidrossolúveis como o ácido nicotínico, trigonelina, 5-ACQ e cafeína de café arábica (natural e cereja descascado) ocorridas em três graus de torra (clara, média e escura).

## MATERIAL E MÉTODOS

### Cafés: especificação, processamento e caracterização

As amostras de café arábica (IAPAR 59) foram coletadas nos campos experimentais do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, Londrina, PR. O café, coletado em estágio cereja, foi denominado natural (CN) quando secado ao sol naturalmente (côco) e cereja descascado (CD) quando lavado e descascado antes da secagem. O café foi beneficiado e padronizado em peneira 16 (6,5 mm) e submetido à eliminação de todos os defeitos.

O grau de torra foi estabelecido baseado na perda de peso (diferença de porcentagem no peso da amostra antes e após a torra), na inspeção visual da cor externa dos grãos (Franca et al., 2009) e nos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  determinados no grão moído para confirmar as variações na coloração (Minolta CR-410, Konica Minolta Sensing INC, Japan). As amostras foram torradas conforme descrito por Scholz (2008) em três graus denominados de torra clara (13% de perda de peso,  $L^*$  de  $35,01 \pm 2,46$ ), média (17%,  $L^*$  de  $27,5 \pm 1,34$ ) e escura (20%,  $L^*$  de  $23,6 \pm 0,67$ ). Utilizou-se um torrador (Rod-Bel, São Paulo) com duração de processo em torno de 8 a 11 minutos, a uma temperatura aproximada de 200-230°C. Após torra, os cafés foram moídos na regulagem média, resultando em partículas com tamanho superior a 0,6 mm.

### Determinação de ácido nicotínico, trigonelina, cafeína e ácido 5 – cafeoilquínico

Para a realização das análises cromatográficas (CLAE) utilizou-se um Cromatógrafo à Líquido de Alta Eficiência Surveyor Plus (San Jose) formado de um amostrador automático com controle de temperatura Peltier e forno de colunas integrado (Surveyor PLUS), bomba quaternária (Surveyor LC PLUS), detector de arranjo de diodos (Surveyor PDA PLUS) com injetor automático de amostras, sistema de dados para cromatografia ChromQuest 5.0 e interface SS420. As análises foram conduzidas empregando-se coluna de fase reversa Spherisorb ODS 1 (250 mm x 4.6 mm i.d. 5  $\mu$ m) (Waters, Milford). Todas as análises foram realizadas em duplicata.

Para extração, 0,5 g de café em 30 mL de solução água:acetoneitrila (90:10) ficou em ebulição por 10 minutos conforme Alves et al. (2006). Após filtração, 10 mL do filtrado foram diluídos em 25 mL da solução de extração e filtrados em membrana de nylon (0,45  $\mu$ m) (Millipore, Billerica).

Empregou-se como fase móvel ácido acético 5% (A) e acetoneitrila (B) em eluição gradiente: 0 a 5 min, 5% de B; 5 a 10 min, 5 a 13% de B (linear); 13 a 35 min, 13% de B, e 35 a 45 min de 5% de B, vazão de 0,7 mL/min e temperatura do forno de 25°C. Ácido nicotínico e trigonelina foram detectados à 264 nm, cafeína a 272 nm e ácido 5-ACQ a 325 nm (Alves et al., 2006). A identificação foi realizada através do tempo de retenção, de co-cromatografia e de espectros no UV. A quantificação foi realizada por padronização externa, construindo-se curvas de calibração com 6 pontos (em triplicata), nas seguintes faixas de concentração: ácido nicotínico (0,006-1,2 mg/L), trigonelina (0,06-12 mg/L), 5-ACQ (0,11-22 mg/L), cafeína (1,25-25 mg/L) (Alves et al., 2006). Os teores foram expressos em base seca.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios de compostos hidrossolúveis analisados para os dois processos pós-colheita e os três graus de torra estão apresentados na Tabela 1 e Figura 1.

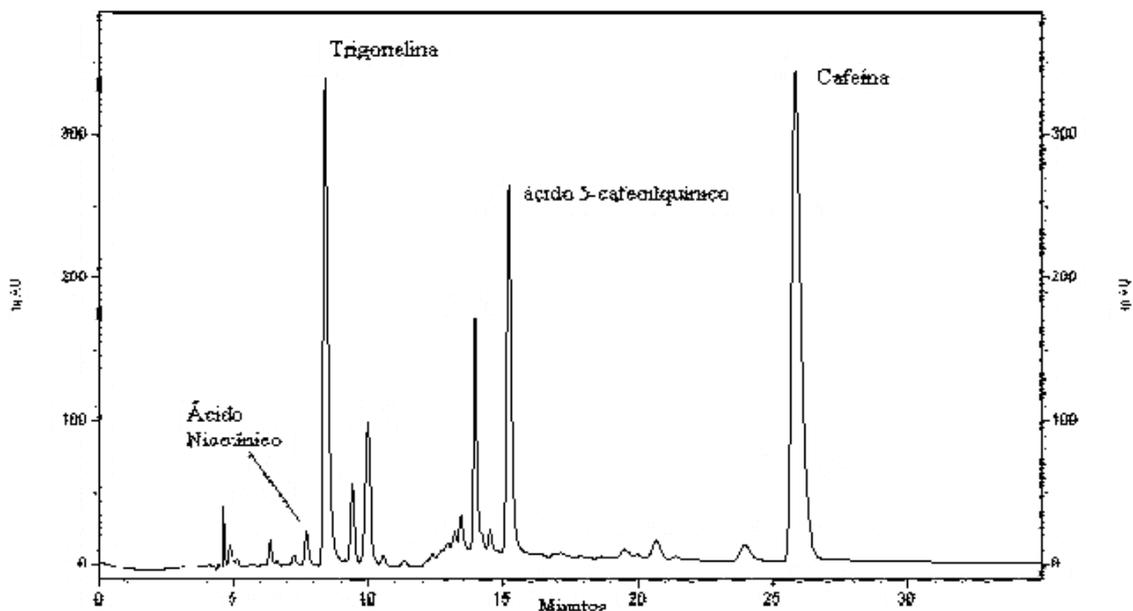
Na Tabela 1 observa-se que os valores máximos de todos os compostos hidrossolúveis, com exceção da cafeína, foram superiores no processo CN comparado ao CD, sugerindo que estes compostos estão relacionados com a presença da casca e polpa e/ou com relação à maturação dos grãos. Os valores de mínimos são resultados do grau de torra aplicado e se apresentaram próximos nos processos CN e CD.

**Tabela 1.** Valores mínimos e máximos (mg/100 g) dos principais compostos do café com dois processamentos pós-colheita (CD e CN) e submetidos a três graus de torra (clara, média e escura).

Compostos	CD		CN	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Ácido nicotínico	38	18	47	19
Trigonelina	1016	454	1242	395
5 - ACQ	1744	113	1924	90
Cafeína	1065	1057	1055	1051

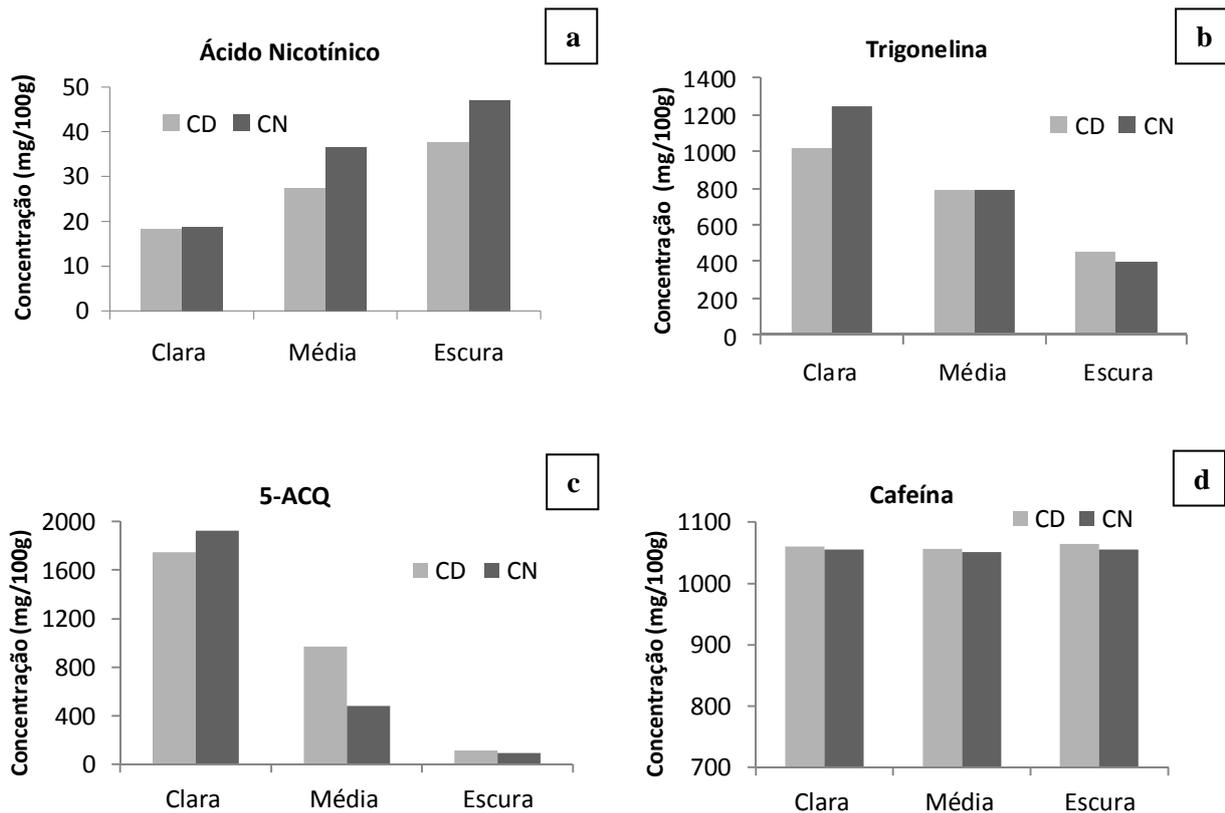
CN= cereja natural, CD=cereja descascado

Na Figura 2 pode-se observar um perfil cromatográfico típico para análise de hidrossolúveis em café torrado.



**Figura 2.** Perfil cromatográfico típico dos compostos hidrossolúveis em café torrado representado pelo café cereja descascado no grau de torra clara. Condições cromatográficas: coluna de fase reversa Spherisorb ODS 1 (250 mm x 4.6 mm i.d. 5 µm) (Waters, Milford); eluição gradiente de ácido acético 5% (A) e acetonitrila (B), 0 a 5 min, 5% de B; 5 a 10 min, 5 a 13% de B (linear); 13 a 35 min, 13% de B, de 35 a 45 min, 5% de B, a 0,7 mL min<sup>-1</sup> e temperatura do forno de 25°C. Detecção à 264 nm (ácido nicotínico e trigonelina), 272 nm (cafeína) e 325 nm (5-ACQ) (Alves et al., 2006).

Com relação ao processo de torra pode-se observar que os teores de ácido nicotínico (Figura 1a) se apresentaram em torno de 18 a 19 mg/100 g (torra clara), de 25 a 37 mg/100 g (média) e de 29 a 47 mg/100g (escura). De Souza et al. (2010) relataram faixa de 21 a 32 mg/100 g para cafés comerciais brasileiros de diferentes denominações (tradicional, forte, extra-forte, gourmet e premium), valores estes mais aproximados aos dados de uma torra média a escura.



**Figura 1.** Teores médios de compostos hidrossolúveis (mg/100 g) de cafés com dois tratamentos pós-colheita (CD e CN) e três graus de torra (clara, média e escura). CN= cereja natural, CD=cereja descascado.

O ácido nicotínico é o principal produto da degradação da trigonelina no processo de torra (Viani & Horman, 1974; Trugo et al., 1999). Podemos verificar que o teor de ácido nicotínico aumentou à medida que se aumentou a intensidade de torra, em ambos os processamentos estudados. Comportamento semelhante a este também foi observado por Casal et al. (2000), porém os autores relatam que após 20 minutos de torra (torras mais severas) o conteúdo de ácido nicotínico diminuiu intensamente.

Observa-se que, à medida que os teores de ácido nicotínico aumentaram com a torra, os teores de trigonelina (Figura 1b) diminuíram comportamento este, coincidente com o relatado na literatura (Morais et al., 2009). Pode-se verificar que com o aumento da intensidade da torra houve um decréscimo em torno de aproximadamente 60% no teor de trigonelina.

Os teores de 5-ACQ variaram de 1744 a 1924 mg/100 g para a torra clara nos processos estudados (Figura 1c). Os ácidos clorogênicos são progressivamente degradados durante a torrefação, contribuindo para a formação do aroma e sabor finais da bebida do café torrado. No presente estudo foram observadas perdas de aproximadamente 90% do conteúdo inicial de 5-ACQ após torrefação mais severa, que são comparáveis aquelas encontradas na literatura (Monteiro & Trugo, 2005).

Pode-se observar que os teores de cafeína (Figura 1d) permaneceram constantes ( $1060 \pm 4,73$  mg/100 g) em relação ao processo de torra evidenciando assim a sua estabilidade térmica, bem como sua pouca dependência quanto ao processamento pós colheita. Duarte et al. (2010), trabalhando com processamentos via úmida e via seca em cafés arábicas e alguns híbridos de arábica, verificaram que o teor de cafeína não variou com o tratamento pós-colheita.

Com relação ao efeito do tipo de processamento pós-colheita na composição final do café, observou-se que o comportamento foi variável dependendo da intensidade do processo de torra posterior. Para grau de torra clara, os teores de trigonelina e 5-ACQ se apresentaram superiores no processo CN. Este fato pode ser explicado pela presença desses compostos na polpa e casca do café que neste processo são mantidos ao grão, e pela provável lixiviação com o processo CD. A matriz de café CN apresentou degradação superior ao CD para a trigonelina e o 5-ACQ ao se aumentar o grau de torra. O 5-ACQ foi observado em maior quantidade no CD torra média 968 mg/100 g do que quando comparado ao CN (482 mg/100 g), atingindo valores muito próximos na torra escura (Tabela 1). Assim, para torra escura verificou-se também maior teor de ácido nicotínico no CN, devido à maior degradação da trigonelina (Figura 1).

Gonzalez-Rios et al. (2007), trabalhando com quatro processamentos pós-colheita sendo dois empregando despulpamento com água e dois sem água, verificaram que alguns compostos voláteis tiveram um aumento (cetonas, pirazinas e furanos) quando analisados na torra média e no processamento empregando água, enquanto que os

processamentos que não empregaram água não apresentaram mudanças nesses teores. Observaram também que na torra escura os perfis dos diferentes tratamentos foram muito similares. Os autores relatam que esses dados se tornam importantes quando se deseja otimizar a torra em função de cada processamento pós-colheita, o que permitiria aos produtores e torradores atingirem uma maior qualidade em seus cafés. Os ácidos clorogênicos possuem um papel muito importante na qualidade sensorial dos cafés ocorrendo a formação de ácido quínico que confere um caráter mais ácido à bebida de torras mais escuras (Leloup et al., 1995). No processamento CD o teor de 5-ACQ permaneceu superior ao CN como citado acima (torra média), podendo ter grande influência na qualidade sensorial final deste café. Podemos então verificar que após uma análise sensorial nesses processamentos pode-se sugerir um grau de torra que permita uma melhor expressão da qualidade sensorial para cada processo.

A composição química do café reflete-se nas suas características sensoriais, sendo os compostos hidrossolúveis de importância tanto para os aspectos sensoriais quanto para a funcionalidade da bebida. Portanto, torna-se interessante conduzir de forma adequada os processos (pós-colheita e torra) a fim de se obter cafés com melhor qualidade.

## CONCLUSÕES

Para todos os processos empregados nos cafés analisados, o grau de torra utilizado é um fator importante nas concentrações de ácido nicotínico, trigonelina e ácido 5-cafeoilquínico. As torras mais acentuadas promoveram uma maior degradação destes compostos (trigonelina e 5-ACQ) e maior formação de ácido nicotínico. A cafeína não sofreu alteração de teor em nenhum nível de torra bem como nos processos de pós-colheita. O processamento pós-colheita influenciou a composição do café, mas de forma variável dependendo da intensidade do processo de torra posterior. Para grau de torra clara, o processamento natural apresentou os maiores teores de trigonelina e 5-ACQ comparado com o CD, atribuídos provavelmente a não remoção da casca e polpa. Com aumento do grau de torra, observou-se maior perda de trigonelina e 5-ACQ no CN, resultando em maiores teores de ácido nicotínico. Esse comportamento indica a necessidade de se padronizar os processamentos pós-colheita e de torra simultaneamente, de maneira que a composição favoreça as características de qualidade do café.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, S.A. **Qualidade da bebida e atividade antioxidante do café in vivo e in vitro**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ALVES, S. T.; DIAS, R.C.E.; BENASSI, M.T.; SCHOLZ, M.B.S. Metodologia para análise simultânea de ácido nicotínico, trigonelina, ácidos clorogênicos e cafeína em café torrado por cromatografia líquida de alta eficiência. **Química Nova**, São Paulo, v.29, n.6, p. 1146-1148, 2006.
- ANDRADE, E.; PEREIRA, R.; VILLELA, T. Composição química do café sob diferentes processamentos, arquivo disponível em: [www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp](http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp), acessado em 04/04/2011.
- ARAÚJO, F.A. **Café (*Coffea arabica*, L.) submetido a diferentes condições de torrefação: caracterização química e avaliação da atividade antioxidante e sensorial**. 2007. 157f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade de São Paulo.
- CARVALHO, V. D. de; CHAUFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.79-92, 1985.
- CASAL, S.; OLIVEIRA, M. B.; FERREIRA, M. A. HPLC/diode-array applied to the thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. **Food Chemistry**, Oxford, v. 68, n. 4, p. 481-485, 2000.
- De SOUZA, R. M. N.; CANUTO, G. A. B.; DIAS, R. C. E.; BENASSI, M. T. Teores de compostos bioativos em cafés torrados e moídos comerciais. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 4, p.885-890, 2010.
- 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**, Oxford, v.118, n. 3, p. 851-855, 2010.
- LOPES, L. M. V. **Avaliação da qualidade de grãos crus e torrados de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2000. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; THÉ, P. M. P.; PINTO, N. A. V. D.; CARVALHO, V. D. Teores de polifenóis, ácido clorogênico, cafeína e proteína em café torrado. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 3, p. 197-199, 2001.
- FRANCA, A. S.; MENDONÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **LWT - Food Science and Technology**, Oxford, v. 38, n.7, p. 709-715, 2005.
- GONZALEZ-RIOS O., SUAREZ-QUIROZ M.L., BOULANGER R., BAREL M., GUYOT B., GUIRAUD J.P., SCHORR-GALINDO, S. Impact of "ecological" post-harvest processing on coffee aroma : II. Roasted coffee. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, n.3, p.297-307, 2007.
- LELOUP, V. LOUVRIER, A., LIARDON, R. Degradation Mechanisms of Chlorogenic Acids During Roasting. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE (ASIC), 16., 1995, Kyoto. **Proceedings...** Paris, 1995, p.192-198.
- MONTAVON, P.; MAURON, A.F.; DURUZ, E. Changes in green coffee protein profiles during roasting. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, n.8, p. 2335-2343, 2003.

- MORAIS, S. A. L.; AQUINO, F. J. T.; NASCIMENTO, P. M.; NASCIMENTO, E. A.; CHANG, R. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café Conilon submetido a diferentes graus de torra. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 2, p.327-331, 2009.
- 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. 37- 641, 2005.
- OOSTERVELD, A.; VORAGEN, A. G. J.; SCHOLS, H. A. Effect of roasting on the carbohydrate composition of *Coffea arabica* beans. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 54, n. 2, p. 183-192, 2003.
- PERRONE, D.; DONANGELO, C. M.; FARAH, A. Fast simultaneous analysis of caffeine, trigonelline, nicotinic acid and sucrose in coffee by liquid chromatography-mass spectrometry. **Food Chemistry**, Oxford, v. 110, n. 4, p. 1030- 1035, 2008.
- PIMENTA, C.J.; VILELA, E.R. Qualidade do café (*Coffea arabica* L.) colhido em sete épocas diferentes na região de Lavras-Mg. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v., n., p.1481-1491, 2002.
- SILVA, E. A; MAZZAFERA, P.; BRUNINI, O.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B.; MATTOSO, L. H. C.; CARVALHO, C. R. L.; PIRES, R. C. M. The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v.17, n. 2, p. 229-238, 2005.
- SCHOLZ, M.B.S. **Tipologia dos cafés paranaenses; uma abordagem através da análise fatorial múltipla dos aspectos físico-químicos e sensoriais**. 2008. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos)- Universidade de Londrina, Londrina.
- TRUGO, L. C.; MOREIRA, R. F. A.; DE MARIA, C. A. B. Componentes voláteis do café torrado. Parte II: Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 255-263, 1999.
- VIANI, R.; HORMAN, I. Thermal behavior of trigonelline. **Journal of Food Science**, Malden, v. 39, n.6, p. 1216-1217, 1974.