

EXTRAÇÃO, SEPARAÇÃO DE GERANILGERANIOL EM SEMENTES DE URUCUM.

KLEBER EDUARDO VICENTE DOS SANTOS¹; MARTA GOMES DA SILVA²; ELIANE

GOMES FABRI³; PAULO ROBERTO NOGUEIRA CARVALHO⁴

Nº 12256

RESUMO

As sementes de urucum tem grande importância para as indústrias de alimentos pela presença do carotenoide bixina, muito utilizado como um corante natural. Contudo, essas mesmas sementes vem adquirindo notoriedade por conter, também em seu arilo, outras substâncias de importância para a saúde do homem, como tocoferóis, tocotrienóis e geranilgeraniol. O geranilgeraniol é um importante fármaco que vem sendo usado como coadjuvante no combate a diversos tipos de câncer, além de ser um intermediário nas sínteses de drogas como a vitamina K, vitamina E e diversos hormônios. O presente estudo buscou caracterizar as sementes de urucum dos acessos da coleção do Polo Regional Centro Norte, da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio, em Pindorama, SP quanto à concentração de geranilgeraniol, lipídios e carotenoides totais expressos como bixina e estudar uma tecnologia para extração e separação do geranilgeraniol das sementes. As concentrações de carotenoides totais expressos como bixina, lipídios e geranilgeraniol variaram, respectivamente: 2,46g/100g \pm 0,01g/100g a 5,16g/100g \pm 0,01g/100g, de 2,05g/100g \pm 0,07g/100g a 4,33g/100g \pm 0,08g/100g e 0,84g/100g \pm 0,07g/100g a 2,31g/100g \pm 0,04 g/100g. Os resultados de carotenoides totais expressos como bixina, lipídios e geranilgeraniol para a safra de 2011 foram considerados significativamente diferentes ($p = 5\%$) e superiores ao da safra de 2010, possivelmente apresentando influência do período de colheita, diferentes entre as duas safras. O material insaponificável obtido pela extração dos pigmentos das sementes de urucum com solução alcalina apresentou uma concentração de geranilgeraniol superior a 30 %.

ABSTRACT

The annatto seeds have great importance for the food industry due to the presence of the carotenoid bixin, widely used as a natural dye in a variety of food products. However,

1. Bolsista CNPq: Engenharia Química - UNICAMP, Campinas-SP, klebereduardovicente@gmail.com;
2. Pesquisadora, CCQA/ITAL, Campinas-SP, martags@ital.sp.gov.br;
3. Pesquisadora, IAC, Campinas-SP, efabri@iac.sp.gov.br;
4. Orientador/Pesquisador, CCQA/ITAL, Campinas-SP, carvalho@ital.sp.gov.br

these seeds have acquired notoriety by containing in its aryl other important substances for human health, such as tocopherols, tocotrienols and geranylgeraniol. The geranylgeraniol is an important drug being used as an adjunct in combating various types of cancer, besides being an important intermediate in the synthesis of drugs such as vitamin K, vitamin E and various hormones. This study aims to characterize and study a technology for extraction of geranylgeraniol from the annatto seeds of the collection accesses of the North Center Pole of the Agency of Agribusiness Technology of São Paulo in Pindorama city, SP. The samples were characterized for geranylgeraniol, lipids and total carotenoids expressed as bixin. The concentrations of total carotenoids expressed as bixin, lipids and geranylgeraniol varied from 2.46 g /100g \pm 0.01 g/100g to 5.16 g/100g \pm 0.01 g/100g; from 2.05 g /100g \pm 0.07 g/100g to 4.33 g/100g \pm 0.08 g/100g; and 0.84 g/100 g \pm 0.07 g/100g to 2.31 g/100g \pm 0.04 g/100g respectively. The results of total carotenoids expressed as bixin, lipids and geranylgeraniol of the 2011 harvest were considered significantly different ($p = 5\%$) and higher than the values of 2010 harvest, possibly due to the different harvest season. The unsaponifiable material obtained by the extraction of the pigments of annatto seeds using alkaline solution presented concentrations of geranylgeraniol above 30 %.

INTRODUÇÃO

O urucuzeiro é um arbusto de crescimento rápido chegando a 6 metros de altura, robusto e com coloração de acordo com a variedade (PINEDA, 2003). Os frutos ou cachopas são cápsulas de duas partes, que contém de 30 a 45 sementes, podendo ter diversas formas. As cachopas podem chegar a até 5 cm de largura, com ou sem “pelos” e sua coloração varia do verde ao vermelho intenso. O cultivo perene tem boas perspectivas em programas agrícolas, principalmente destinados a pequenos e médios produtores (MAZZANI, 2000).

MAZZANI (2000) analisou 10 variedades de urucum e concluiu que as diferenças observadas nas plantas era dependente de sua procedência. Deste fato o estudo do germoplasma se faz condizente para o melhoramento. Nos últimos dez anos com o melhoramento genético já se avaliam sementes de urucum com teores de pigmento, expressos como bixina, maiores do que 4% e sua produtividade ultrapassa 1500 kg/ha (CARVALHO et. al., 2007).

A cis-bixina, chamada de bixina (metil, hidrogênio 9'-cis-6,6'- diapocaroteno-6,6'-dioato) é o éster monometílico de um ácido dicarboxílico e compreende mais de 80% dos carboidratos totais (PRESTON & RICKARD, 1980; CARVALHO et al, 1993).

O termo geranylgeraniol tem sido utilizado para descrever um álcool diterpeno de cadeia linear e ocorrência natural. Sua fórmula estrutural pode ser descrita como: all trans-3,

7, 11, 15-tetrametilhexadecatetra-2, 6, 10, 14-em-1-ol. Solúvel em solventes orgânicos como clorofórmio, acetona e álcool, o geranilgeraniol é conhecido como um intermediário de biossínteses importantes, como a da vitamina K, dos tocoferóis, de diversos hormônios e dos carotenóides. A presença de geranilgeraniol em sementes de urucum foi inicialmente citada por CRAVEIRO et al (1989), que já insinuava que algumas das propriedades do urucum poderiam estar associada à presença dessa substância. A concentração de geranilgeraniol nas sementes de urucum, em base seca, é de aproximadamente 1% (JONDIKO & PATTENDEN, 1989; BARBOSA FILHO, 2006). Essa concentração foi confirmada em trabalhos realizados pelo nosso laboratório junto a uma empresa produtora de corante de urucum (CARVALHO, 2006). O geranilgeraniol está presente na forma livre ou esterificado. MERCADANTE et al (1999) cita a presença de geranilgeraniol esterificado com carotenóides.

O geranilgeraniol tem sido obtido por síntese (TOCHIKI, 1997; TOKUHIRO et al, 2009). KANDUTSCH et al (1964) purificaram o pirofosfato de geranilgeraniol a partir de *Micrococcus lysodeikticus*. A separação e purificação de geranilgeraniol de subprodutos de urucum foi objeto de patente de TAN & FOLEY (2002).

Esse estudo apresenta a concentração de geranilgeraniol, lipídios e carotenoides totais expressos como bixina em sementes de diferentes acessos da safra de 2011 da coleção de urucum do Instituto Agrônomo – IAC, mantida no Pólo Regional Centro Norte da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio, no município de Pindorama, SP e os resultados preliminares de uma tecnologia de extração e separação do geranilgeraniol dessas sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

Matéria-prima

Sementes de urucum

As sementes de urucum utilizadas nesse estudo foram provenientes do banco de germoplasma instalado no Polo Regional Centro Norte da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA, no município de Pindorama, SP da safra de 2011. A Figura 1 apresenta a identificação das amostras. As cachopas das plantas selecionadas foram amostradas e encaminhadas ao Instituto Agrônomo em Campinas, SP. Nos laboratórios da Seção de Horticultura do IAC, as cachopas foram secas e as sementes foram separadas manualmente. Parte das sementes foram encaminhadas para os laboratórios do Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos – CCQA, do Instituto de Tecnologia de Alimentos - Ital.

Nos laboratórios do Ital as sementes foram transferidas para frascos de vidro, etiquetadas e armazenadas ao abrigo da luz e sob refrigeração até o momento das análises.

Reagentes

- Metanol para cromatografia;
- n-hexano para cromatografia;
- Padrão de geranilgeraniol;
- Hidróxido de potássio p. a;
- Hidróxido de amônio p.a.

Equipamentos

- Espectrofotômetro UV/visível, marca Hitachi, modelo U2000;
- Cromatógrafo líquido de alta eficiência, marca Agilent, modelo 1260 infinity, com detector de arranjo de diodos modelo G4212B.
- Demais equipamentos de uso comum em laboratórios como estufas, moinhos, etc.

Métodos

Umidade

A determinação de umidade foi feita com base no método descrito da AOAC (HORWITZ, 2005), que tem como princípio a determinação indireta da água presente nas amostras por gravimetria. A água é eliminada por aquecimento em estufa e a massa do resíduo seco é determinada. A umidade é calculada pela diferença entre as massas das amostras antes e após a secagem.

Lipídios

A determinação de lipídios foi conduzida com base no método (2006.06) descrito pela AOAC (HORWITZ, 2005), que tem como princípio a extração de substâncias solúveis em hexano a quente.

Bixina

O método analítico para a determinação de bixina baseia-se na saponificação da bixina em “sal de norbixina”, diluição em solução de hidróxido de potássio e quantificação espectrofotométrica, conforme descrito por da SILVA et al (2010).

FIGURA 1. Mapa do banco de germoplasma de urucum do Instituto Agrônomo, instalado no Polo Regional Centro Norte da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA, no município de Pindorama, SP.

18	4	6	9	11	13	16	18	21	23	25	28	30
17	2	6	0	4	8	2	6	0	4	8	2	6
16	4	6	8	11	13	16	18	20	23	25	28	30
15	1	5	9	3	7	1	5	9	3	7	1	5
14	4	6	8	11	13	16	18	20	23	25	28	30
13	0	6	8	2	6	0	4	8	2	6	0	4
	3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	27	30
	9	3	7	1	5	9	3	7	1	5	9	3
	3	6	8	11	13	15	18	20	23	25	27	30
	8	2	6	0	4	8	2	6	0	4	8	2
	3	6	8	10	13	15	18	20	22	25	27	30
	7	1	5	9	3	7	1	5	9	3	7	1
12	3	6	8	10	13	15	18	20	22	25	27	30
11	6	0	4	8	2	6	0	4	8	2	6	0
10	3	5	8	10	13	15	17	20	22	25	27	29
9	5	9	3	7	1	5	9	3	7	1	5	9
8	3	5	8	6	13	15	17	20	22	25	27	29
7	4	8	2	6	0	4	8	2	6	0	4	8
	3	5	8	10	12	15	17	20	22	24	27	29
	3	7	1	5	9	3	7	1	5	9	3	7
	3	5	8	10	12	15	17	20	22	24	27	29
	2	6	0	4	8	2	6	0	4	8	2	6
	3	5	7	10	12	15	17	19	22	24	27	29
	1	5	9	3	7	1	5	9	3	7	1	5
6	3	5	7	10	12	15	17	19	22	24	27	29
5	0	4	8	6	12	0	4	8	2	6	0	4
4	2	5	7	10	12	14	17	19	22	24	26	29
3	9	3	7	2	5	9	3	7	1	5	9	3
2	2	5	7	1	12	14	17	19	22	24	26	29
1	8	2	6	10	4	8	2	6	0	4	8	2
	2	5	7	0	12	14	17	19	21	24	26	29
	7	1	5	9	3	7	1	5	9	3	7	1
	2	5	7	99	12	14	17	19	21	24	26	29
	6	0	4	98	2	6	0	4	8	2	6	0
	2	4	7	97	12	14	16	19	21	24	26	28
	5	9	3	1	5	9	3	7	1	5	9	3
Planta Nº	2	4	7	12	14	16	19	21	24	26	28	
Acesso Nº	4	8	2	0	4	8	2	6	0	4	8	
	2	4	7	11	14	16	19	21	23	26	28	
	3	7	1	9	3	7	1	5	9	3	7	
	2	4	7	11	14	16	19	21	23	26	28	1
	2	6	0	8	2	6	0	4	8	2	6	8
	2	4	6	11	14	16	18	21	23	26	28	2
	1	5	9	7	1	5	9	3	7	1	5	2
	2	4	6	11	14	16	18	21	23	26	28	
	0	4	8	6	0	4	8	2	6	0	4	
	1	4	6	11	13	16	18	21	23	25	28	
	9	3	7	5	9	3	7	1	5	9	3	

¹ O número inferior de identificação do acesso (cinza) corresponde à antiga numeração do banco de germoplasma e foi citado para efeito de comparação com dados históricos.

Geranilgeraniol

O método analítico utilizado foi baseado na metodologia descrita por da SILVA et al (2010), que tem como princípio a extração da amostra com hexano, diluição na fase móvel

e análise cromatográfica. As condições cromatográficas utilizadas foram: coluna C18 (250 mm x 4 mm, partículas de 5 μ m) e fase móvel composta por metanol:acetato de amônio 50mM (90:10, v/v) com uma vazão de 1,0 ml/min. A detecção foi realizada com detector de arranjo de diodos e a identificação feita por comparação com o tempo de retenção do padrão analítico e pelos espectros obtidos pelo sistema de detecção (arranjo de diodos).

EXTRAÇÃO DO GERANILGERANIOL DAS SEMENTES DE URUCUM

A extração do geranilgeraniol das sementes de urucum foi feita por meio da saponificação das sementes com soluções alcalinas fortes e separação do material insaponificado. Esse tipo de processo permite também a extração da maior parte dos pigmentos das sementes (bixina), que por saponificação é convertida em sal de norbixina que é solúvel na solução alcalina.

O material insaponificável, rico em geranilgeraniol e tocotrienóis, é separado da solução extratora por centrifugação e os pigmentos (norbixina) podem ser separados por precipitação com soluções ácidas.

O processo de separação do geranilgeraniol do extrato insaponificável está sendo conduzido por meio de destilação fracionada a vácuo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados de geranilgeraniol, carotenóides totais expressos como bixina e lipídios dos acessos da coleção.

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises de geranilgeraniol, carotenóides totais expressos como bixina, lipídios e umidade das amostras avaliadas nesse estudo. O teor de umidade das amostras variou de $11,28 \pm 0,04$ g/100g (acesso 21) a $14,13 \pm 0,31$ g/100g (acesso 11). As amostras da safra anterior, 2010, apresentaram teor entre $6,06 \pm 1,10$ g/100g e $8,67 \pm 0,01$ g/100g (SILVA et al, 2011), bem abaixo dos resultados apresentados nesse estudo, possivelmente devido ao período de colheita que no estudo anterior ultrapassou o ponto de maturação do fruto.

Os resultados das análises de carotenoides totais expressos por bixina nas sementes de urucum apresentaram concentrações (base seca) variando de um mínimo de $2,46 \pm 0,01$ g/100g (acesso 5) a um máximo de $5,16 \pm 0,01$ g/100g (acesso 38). Esses valores são superiores à avaliação feita pelos nossos laboratórios para amostras dessa mesma coleção, obtidas na safra do ano de 2010 (SILVA et al, 2011). Naquela oportunidade a concentração de carotenoides nas amostras variaram de $1,78 \pm 0,01$ g/100g a $3,12 \pm 0,03$ g/100g, possivelmente causado pelo mesmo motivo da diferença do teor de umidade.

Os resultados da concentração de lipídios das amostras variaram de $2,05 \pm 0,07$ g/100g (acesso 1) a $4,33 \pm 0,08$ g/100g (acesso 11). Esses resultados foram superiores ($p = 5\%$) aos observados pelos nossos laboratórios para amostras dessa mesma coleção, obtidas na safra do ano de 2010 (SILVA et al, 2011). Naquela oportunidade a concentração de lipídios das amostras variaram de $1,45 \pm 0,05$ g/100g a $3,33 \pm 0,03$ g/100g.

As extrações de geranilgeraniol das amostras de sementes de urucum foram realizadas com e sem saponificação. As amostras submetidas à saponificação apresentou resultados entre $0,84 \pm 0,07$ g/100g (acesso 21) e $2,31 \pm 0,04$ g/100g (acessos 2 e 6), significativamente ($p = 5\%$) superiores às amostras extraídas apenas com solvente orgânico (sem saponificação) que variaram de um mínimo de $0,81 \pm 0,09$ g/100g (acesso 5) e um máximo de $1,65 \pm 0,04$ g/100g (acesso 37). Isso pode ser explicado pela presença de geranilgeraniol esterificado nas sementes de urucum com moléculas como os carotenóides (MERCADANTE et al, 1999).

TABELA 1. Resultados de análises de geranilgeraniol¹, carotenóides totais expressos como bixina e lipídios (base seca) em sementes de urucum plantadas em Pindorama, SP.

Acesso ³	Geranilgeraniol ¹			Bixina ²			Lipídios			Umidade
	(g/100g)	s	Tukey (95%)	(g/100g)	s	Tukey (95%)	(g/100g)	s	Tukey (95%)	
1	0,87	0,08	a	4,08	0,01	kl	2,05	0,07	a	11,95
2	2,31	0,03	k	4,03	0,09	kl	3,22	0,05	defghi	12,69
4	1,67	0,07	hij	3,42	0,07	defgh	2,93	0,06	bc	12,74
5	1,29	0,06	cde	2,46	0,01	a	3,50	0,04	ijk	11,99
6	2,31	0,04	k	2,94	0,01	bc	3,75	0,12	kl	11,70
8	2,30	0,18	k	3,05	0,01	bcde	3,07	0,01	bcdef	11,86
9	1,81	0,08	ij	3,07	0,14	bcde	3,54	0,10	jk	11,62
10	1,29	0,01	cde	3,67	0,07	ghijk	3,19	0,04	cdefgh	11,68
11	1,56	0,02	fghi	3,07	0,10	bcde	4,33	0,08	m	14,13
13	1,60	0,01	ghi	3,76	0,15	hijkl	3,75	0,03	kl	12,21
14	1,34	0,13	defg	3,86	0,16	ijkl	3,01	0,04	bcd	12,13
15	1,10	0,04	abcd	3,30	0,01	cdefg	2,89	0,10	b	11,62
16	1,24	0	cde	4,13	0,19	l	3,17	0,05	cdefg	12,24
17	1,32	0,01	def	3,49	0,01	efghi	3,32	0,10	fghij	11,68
18	1,03	0,02	abc	3,03	0,02	bcd	3,19	0,06	cdefgh	12,25
19	1,25	0,01	cde	3,11	0,10	bcdef	3,30	0,02	efghij	12,10
20	1,89	0,06	j	3,69	0,05	ghijkl	3,83	0,01	l	12,05
21	0,84	0,07	a	2,86	0,15	abc	3,02	0,03	bcd	11,28
35	1,47	0,07	efgh	3,98	0,29	jkl	3,56	0,03	jkl	11,67
36	NA	NA	NA	2,71	0,05	ab	3,45	0,03	hij	13,36
37	1,36	0,04	defg	3,54	0,11	fghij	3,39	0,15	ghij	13,18
38	1,15	0,01	bcd	5,16	0,01	m	3,26	0,09	defghi	14,06

Média de duas repetições analíticas simultâneas e independentes; s = estimativa de desvio padrão. As médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não são significativamente diferentes (Tukey, 95%); ¹Geranilgeraniol total – com saponificação da amostra. ²Carotenóides totais expresso como bixina; ³Nº do acesso nas amostras da safra de 2011; NA = Não analisado.

EXTRAÇÃO DO GERANILGERANIOL DAS SEMENTES DE URUCUM

O processo utilizado para a extração dos pigmentos das sementes de urucum por saponificação resultou em um extrato com concentrações (m/m) de geranilgeraniol superiores a 30% e de tocotrienóis em torno de 10% (Tabela 2). A continuidade do estudo busca separar o geranilgeraniol visando um produto com concentrações superiores a 90%.

TABELA 2. Caracterização do material insaponificável obtido das sementes de urucum.

Componente	Concentração (g/100g)
Carotenoides totais expressos como bixina	0,60
Geranilgeraniol	35,0
Tocoferóis	0,20
Tocotrienóis	10,0
Umidade	36,0

Os estudos de separação do geranilgeraniol do extrato insaponificável está sendo conduzido com o auxílio de destilação fracionada, sob vácuo. Os ensaios realizados indicaram a necessidade de trabalhar a temperatura inferior a 150°C, sob o risco de degradação do geranilgeraniol presente. A essa temperatura há a necessidade de alto vácuo para a destilação do geranilgeraniol.

CONCLUSÃO

Os resultados de geranilgeraniol, carotenoides totais expressos como bixina e lipídios para a safra de 2011 foram considerados significativamente diferentes ($p = 5\%$) e superiores ao da safra de 2010, possivelmente apresentando influência do período de colheita, diferentes entre as duas safras.

Os resultados das análises de geranilgeraniol, com e sem saponificação, indicaram a necessidade de saponificação das amostras com o objetivo da desesterificação de parte do geranilgeraniol presente nas sementes de urucum. Foi observada uma correlação significativa ($p = 5\%$) entre a concentração de geranilgeraniol (total) e lipídios nas sementes de urucum. O material insaponificável obtido pela extração dos pigmentos do urucum com solução alcalina apresentou uma concentração de geranilgeraniol superior a 30 %.

Os estudos da separação do geranilgeraniol do material insaponificável estão sendo conduzidos utilizando destilação fracionada a vácuo.



AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBIC, pela bolsa concedida.

Ao CCQA - ITAL, pela oportunidade de estágio.

A FAPESP, pelos recursos para execução do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA FILHO, J. M. Bixa orellana: Retrospectiva de uso popular, atividades biológicas, fitoquímica e emprego na fitocosmética, no continente americano. **Anais do Simpósio Brasileiro de Urucum**, João Pessoa, PB, (Mídia eletrônica-CD), 2006.

CARVALHO, P. R. N.; TAVARES, P. E. R.; FABRI, E. G. I Reunião Nacional da Cadeia Produtiva do Urucum - Livro de Resumos. ITAL, Campinas, 2007. 107p.

CARVALHO, P. R.N. Estudo Caracterização do óleo residual do processamento de sementes de urucum. Relatório de Assistência Técnica. ITAL, Campinas, 2006, 14p.

CARVALHO, P.R.N.; DA SILVA M.G.; MOREIRA, C.G.C. Avaliação dos Métodos Espectrofotométricos de Análise de Sementes de Urucum (*Bixa orellana*, L.). **Colet. ITAL**, Campinas, v.23, p.2, p. 181-188, 1993.

CRAVEIRO, A. R.; OLIVEIRA, C. L. A.; ARAUJO, F. W. L. The presence of geranylgeraniol in *Bixa orellana*, Linn. **Química Nova**, v. 12, n. 3, 1989.

HORWITZ, W. (Ed). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18th ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2005. (Current through revision 3, 2010).

JONDIKO, I. J.; PATTENDEN, G. Terpenoids and an apocarotenoid from seeds of *Bixa orellana*. **Phytochem.**, v.28, p. 3159-3162, 1989.

KANDUTSCH, A. A.; PAULUS, H.; LEVIN, E.; BLOCH, K. Purification of geranylgeranyl pyrophosphate synthetase from *Micrococcus Lysodeikticus*. **The J. Biol. Chem.** v. 239, n. 8, p. 2507-2515, 1964.

MAZZANI, E.; MARÍN C.R.; SEGOVIA, V. Estudio de la variabilidad existente en la colección de onoto(*Bixa orellana* L.) del CENIAP; FONAIAP; Venezuela. **Rev. Fac. Agron. Luz**, v. 17, p. 492-504, 2000.

MERCADANTE, A. Z.; STECK, A.; PFANDER, H. Three minor carotenoids from annatto (*Bixa orellana*) seeds. **Phytochemistry**. v. 52, p. 135-139, 1999.

PINEDA, J.E.D.; CALDERÓN, L.S. Planta piloto para obtener colorante de la semilla del achiote (*Bixa orellana*). **Revista Universidad EAFIT**, Colombia, v. 39, n. 131, p. 8-22, 2003.

PRESTON, H. D.; RICKARD, M. D. Extraction and Chemistry on annatto. **Food Chemistry**, v. 5, p. 47-56, 1980.



SILVA, F.A.L; SILVA, M.G.; FABRI, E.G.; CARVALHO, P.R.N. Avaliação dos teores de geranylgeraniol em diferentes acessos de urucum. Extração, separação e purificação de geranylgeraniol extraídos de sementes de urucum. 5º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, Campinas, SP, 2011.

da SILVA, M.G.; LUIZ, F.A.; da ROCHA, F.W.; LEAL, R.N.; CARVALHO, P.R.N. Validação de método analítico de determinação de geranylgeraniol em sementes de urucum. In: 2º Reunião Nacional da Cadeia Produtiva do Urucum, Campinas, SP, 2010.

TAN, B.; FOLEY, J. Tocotrienols and geranylgeraniol from Bixa orellana by products. US Patent Nº 6.350.453, 2002.

TOCHIKI, M.; SATO, J.; FUKUMOTO, T.; NAKAO, K.; TAMAI, Y. Process for producing geranylgeraniol. **US Patent** nº 5.663.461, 1997