

Cinética da degradação de carotenoides e da alteração de cor do azeite de pequi submetido ao aquecimento em temperatura de fritura

Kinetics of carotenoids degradation and color change of pequi oil submitted to heating at frying temperature

Mara Lina Rodrigues^I Adriana Régia Marques de Souza^{II} Jean Carlos Rodrigues de Lima^{III}
Celso José de Moura^{IV} Robson Maia Geraldine^{II}

RESUMO

O azeite de pequi possui coloração vermelha-alaranjada devido à presença de carotenoides. Possíveis alterações químicas nesses compostos durante o processamento podem influenciar em modificações físicas do produto que ocorrem quando este é submetido ao aquecimento. Este estudo teve como objetivo utilizar parâmetros cinéticos para avaliar a degradação de carotenoides e a alteração de cor do azeite de pequi submetido ao aquecimento em temperatura de fritura. Para avaliar o efeito do aquecimento, o azeite de pequi foi tratado termicamente a 180°C em intervalo crescente de 10 minutos até uma hora de aquecimento. Realizaram-se as análises de carotenoides totais e cor e com esses resultados determinaram-se os parâmetros cinéticos. Ao longo do aquecimento, o teor de carotenoides foi praticamente todo degradado e conseqüentemente a cor foi bastante alterada. A cinética de degradação dos carotenoides foi de primeira ordem e da alteração de cor foi de ordem zero. Essas cinéticas refletiram as observações visuais das amostras do azeite de pequi obtidas depois de cada tratamento.

Palavras-chave: cerrado, azeite de pequi, fritura, alterações em óleo, β -caroteno, parâmetros cinéticos.

ABSTRACT

The pequi oil has red-orange color due to carotenoids content. Possible chemical modifications on these compounds during processing may influence physical modifications to the product when this oil is submitted to heating. This study aimed to use kinetic parameters to evaluate carotenoids degradation and color change of the pequi oil submitted to heating at frying temperature. To evaluate the effect of heating, pequi oil was heated at 180°C in 10 minutes increasing intervals until one hour. Analyses were performed for total carotenoids and color and these results were used to determine kinetic parameters. Along the

heating the carotenoids content was almost completely degraded and consequently, the color changed significantly. Kinetics of carotenoids degradation was of first order and the color change was of zero order. These kinetics reflected the visual observations of pequi oil samples obtained after each treatment.

Key words: savanna, pequi oil, frying, oil changes, β -carotene, kinetics parameters.

INTRODUÇÃO

Quando o alimento é submerso em óleo quente, este atua como meio de transferência de calor reutilizável, muito mais eficiente que o fornecimento e muito mais rápido que o cozimento em água (BERK, 2009). A fritura também confere ao alimento características de cor, sabor, textura e palatabilidade, consideradas agradáveis pelo consumidor (VACLAVIK & CHRISTIAN, 2008).

Além das modificações positivas que a fritura proporciona ao alimento, esse processo também é responsável pela ocorrência de reações que alteram o óleo, modificando as qualidades químicas, físicas e nutricionais deste. Uma série de reações químicas e físicas ocorre durante a fritura, bem como mudanças devido à decomposição térmica, dentre elas oxidação, hidrólise, polimerização e isomerização e formação de compostos potencialmente tóxicos. Essas alterações podem chegar a níveis em que o

^IDepartamento de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), 74968-755, Aparecida de Goiânia, GO, Brasil. E-mail: mara.lina.alimentos@gmail.com. Autor para correspondência.

^{II}Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, GO, Brasil.

^{III}Faculdade de Nutrição, UFG, Goiânia, GO, Brasil.

^{IV}Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, UFG, Goiânia, GO, Brasil.

óleo perde a qualidade desejada e se torna impróprio ao consumo (TSUZUKI et al., 2010; JUÁREZ et al., 2011).

Entre os componentes quantificados na polpa do pequi, fruto de secular aproveitamento por suas apreciadas peculiaridades de cor, aroma e sabor, merecem destaque os lipídios (VERA et al., 2007). LIMA et al. (2007) afirmaram que a polpa do pequi é rica em lipídios, com valor médio de 33,4%. Dessa polpa, obtém-se o azeite de pequi, que possui coloração vermelho-alaranjada, devido à presença de pigmentos carotenoides (GODOY et al., 1994). Os carotenoides, além de serem corantes naturais dos alimentos, parecem apresentar ação protetora contra o câncer e atuam ainda como um potente antioxidante com ação protetora contra doenças cardiovasculares. A oxidação do LDL é fator crucial para o desenvolvimento da aterosclerose e os carotenoides atuam inibindo o processo de oxidação da lipoproteína (AMBRÓSIO et al., 2006).

Assim, muitos estudos têm investigado os carotenoides, compostos bioativos, na polpa e no azeite de pequi (LIMA et al., 2007; ALVES et al., 2008). Essa composição diferenciada do azeite de pequi em relação aos óleos geralmente utilizados para os processos de fritura em imersão, desperta interesse, uma vez que a presença dos carotenoides pode influenciar nas alterações que ocorrem ao longo do aquecimento desse azeite (SEGALL et al., 2006). Dessa maneira, é necessário investigar quais são as alterações que o azeite de pequi sofre quando submetido ao aquecimento em temperatura de fritura. Assim, neste trabalho, objetivou-se utilizar parâmetros cinéticos para avaliar a degradação de carotenoides e a alteração de cor do azeite de pequi submetido ao aquecimento em temperatura de fritura.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios de Engenharia de Alimentos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás. O azeite de pequi foi adquirido da Cooperativa dos Produtores Rurais e Catadores de Pequi de Japonvar – Cooperjap. Encaminhado ao laboratório, o azeite foi aquecido em banho-maria ($50 \pm 2^\circ\text{C}$) por cinco minutos, filtrado em quatro camadas de náilon, homogeneizado por cinco minutos e envasado em vidros previamente esterilizados, com tampa de metal e capacidade de 600mL. Os vidros foram protegidos da luz difusa com auxílio de folha de alumínio e estocados a $25 \pm 5^\circ\text{C}$ em armário fechado por cinco dias. A temperatura

dentro do armário foi controlada com termômetro digital (Contemp, UT325). Amostras de 500mL de azeite de pequi foram aquecidas de modo contínuo, em fritadeira elétrica de aço inox (Vicini, EPV815, Rio de Janeiro, Brasil), a $180 \pm 5^\circ\text{C}$, por 0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos. Em cada tratamento, esperou-se que o azeite de pequi atingisse 180°C para iniciar a contagem do tempo de aquecimento. A temperatura do azeite de pequi ao longo do aquecimento foi monitorada com termômetro imerso à pressão atmosférica (BANSAL et al., 2010).

Depois de aquecido, o azeite de pequi foi imediatamente resfriado em banho com água e gelo até alcançar 4°C , armazenado em frascos de vidro âmbar e estocado sob refrigeração ($4 \pm 2^\circ\text{C}$) até o momento das análises (MALHEIRO et al., 2009). Antes de cada análise, o azeite foi colocado em banho-maria ($40 \pm 2^\circ\text{C}$ por 5 minutos) para fundir e em seguida foi mantido em temperatura de $25 \pm 5^\circ\text{C}$.

As amostras de cada tratamento foram submetidas às avaliações do teor de carotenoides totais e de cor para avaliação dos parâmetros cinéticos de degradação dos carotenoides e de alteração da cor.

O teor de carotenoides totais foi determinado pela diluição do azeite de pequi utilizando solvente hexano, grau espectrofotométrico, conforme o método 958.05 (AOAC, 1997) e leitura no espectro visível a 452nm em espectrofotômetro (SP-220, Biospectro, São Paulo, Brasil) (AQUINO et al., 2009), utilizando hexano como branco (CASAL et al., 2010). Os cálculos dos carotenoides totais foram feitos considerando a absorvância máxima e o valor de absorvidade 2500 (DAVIES, 1976) para expressar os resultados de equivalente de β -caroteno em $\mu\text{g g}^{-1}$ de azeite de pequi.

A avaliação instrumental de cor das amostras de azeite de pequi foi realizada em colorímetro (Color Quest II, Hunterlab, Virginia, Estados Unidos). As amostras foram colocadas em cubeta de vidro com 20mm de caminho óptico. Para cálculo das coordenadas de cor, foi estabelecido o iluminante D65, o ângulo de 10° para o observador e a escala do sistema de cor CIE Lab (RAVI et al 2005). As coordenadas foram lidas após calibração com a amostra obtida no tratamento 0 minutos. As coordenadas medidas foram L^* (luminosidade) a^* (tonalidades de verde a vermelho) e b^* (tonalidades de azul a amarelo). Com os resultados dessas coordenadas, obteve-se o ângulo hue ($^{\circ}\text{h} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$), que define a tonalidade de cor e croma ($C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$) que define a intensidade da cor (Mc-GUIRE, 1992).

A ordem de reação (n) da degradação dos carotenoides totais e da alteração da cor, a constante da velocidade de reação (k) e o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) foram calculados conforme descrito por LABUZA (1982).

A cinética dos dados experimentais foi apresentada na forma adimensional da relação de concentração final e concentração inicial (C/C_0) em diferentes intervalos de tempo de aquecimento (t), em que C é o teor de carotenoides remanescente ou a cor resultante da leitura das coordenadas (L^* , a^* e b^*) depois de cada tratamento (tempo de aquecimento) e C_0 é o teor de carotenoides inicial ou a cor (L^* , a^* e b^*) da amostra obtida no tempo 0 (ACHIR et al., 2010). A taxa de degradação inicial (r) de cada parâmetro avaliado foi encontrada através da medida da inclinação da tangente da curva $C/C_0 = f(t)$ para $t=0$.

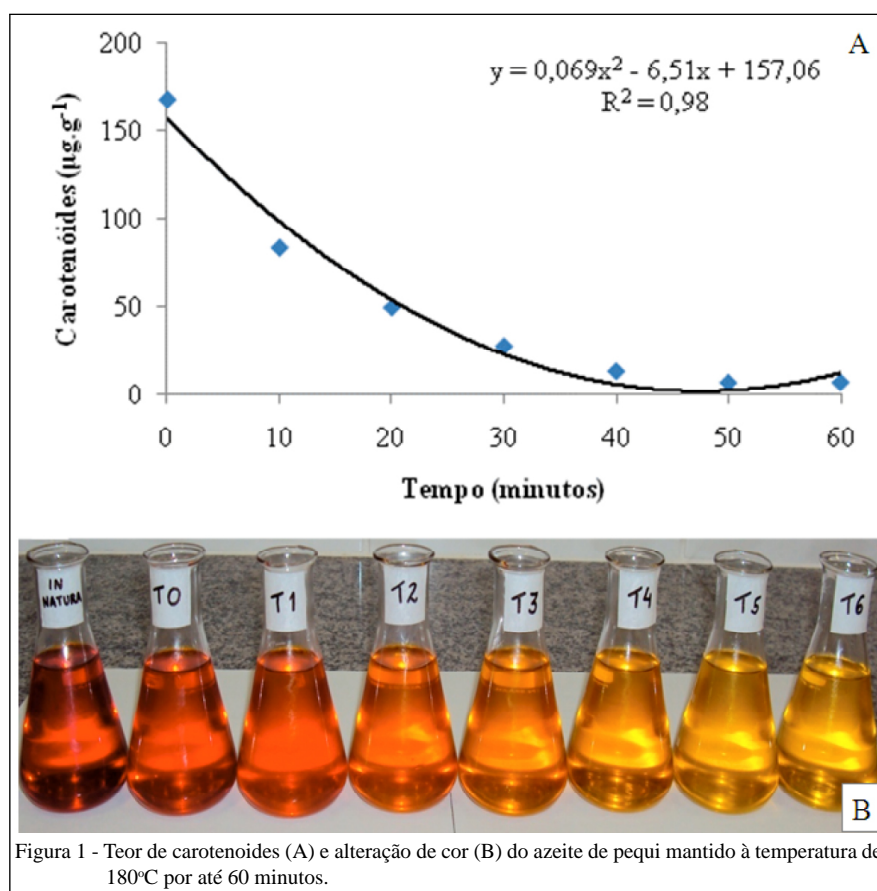
A ordem de reação (n) foi determinada por meio da plotagem dos valores de concentração dos carotenoides ou das coordenadas de cor *versus* o tempo de aquecimento em cada tratamento. Foi realizada a correlação linear desses pontos e o

melhor ajuste foi selecionado usando como critério o coeficiente de determinação (R^2).

A constante da velocidade de reação (k) foi determinada por meio do coeficiente angular da reta que determinou a ordem da reação. O tempo de meia vida ($t_{1/2}$) foi determinado por meio do tempo necessário para que os valores da concentração de carotenoides ou das coordenadas de cor se reduzissem à metade do valor inicial, utilizando uma das seguintes equações, conforme a ordem de reação determinada: ordem zero $t_{1/2} = [C]/2k$; primeira ordem $t_{1/2} = \ln 2/k$; segunda ordem $t_{1/2} = 1/k[C_0]$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se diminuição acentuada dos carotenoides do azeite de pequi ao final dos 60 minutos de aquecimento (Figura 1A). O processamento térmico dos alimentos, como branqueamento, pasteurização, cozimento, enlatamento, fritura e secagem, pode diminuir o teor de carotenoides dos alimentos (MAIANI et al., 2009). O β -caroteno é constituído por longa cadeia central de duplas



ligações conjugadas, o que permite sua atuação como antioxidante na eliminação de radicais livres e como supressor de oxigênio singlete. Atuando como antioxidante, o teor de carotenoides diminui durante o processamento dos alimentos (BURTON & INGOLD, 1984; DI MASCIO et al., 1989).

ACHIR et al. (2010), em estudo sobre a cinética de degradação de β -caroteno e luteína nos óleos oleína de palma e Vegetaline, observaram que, em todos os tratamentos, a concentração de *trans* β -caroteno diminuiu em função do tempo de aquecimento. Os resultados revelaram ainda que menos de 10% de *trans* β -caroteno permaneceu após 30 minutos de aquecimento a 180°C nos óleos avaliados. Essa tendência também foi verificada no azeite de pequi, cujo teor de carotenoides foi reduzido a menos de 20% do teor inicial após os primeiros 30 minutos de aquecimento (Figura 1A).

ZEB & MURKOVIC (2011), em estudo sobre a interação entre carotenoides e triacilgliceróis durante a oxidação do azeite de oliva refinado, observaram que os triacilgliceróis oxidaram mais rapidamente na presença de β -caroteno e mais lentamente na presença de astaxantina, uma vez que a degradação do β -caroteno foi muito mais rápida que da astaxantina. Após 14h a 110°C nenhum dos carotenoides foi detectado no sistema, o que pôde ser observado visualmente pela mudança de cor das amostras oxidadas. Ao longo dos 60 minutos de aquecimento do azeite de pequi, a degradação dos carotenoides também foi muito rápida, restando apenas 6,85 $\mu\text{g g}^{-1}$ carotenoides ao final desse período (Figura 1A).

Em outro estudo, ZEB & MURKOVIC (2010) caracterizaram os efeitos do β -caroteno na

oxidação de triacilgliceróis usando HPLC-ESI-MS. Os resultados demonstraram que a metade do teor de β -caroteno degradou durante as três primeiras horas de tratamento térmico e a degradação mais rápida do β -caroteno pode ser devido à ausência de tocoferóis e compostos fenólicos, que também atuam como antioxidantes.

CASAL et al. (2010), estudando a estabilidade do azeite de oliva sob condições de fritura de imersão (170°C, em até 27h), observaram diminuição no teor de carotenoides, mas de maneira menos acentuada em relação ao tempo de aquecimento, pois no azeite de oliva encontram-se outros antioxidantes, como a clorofila e o tocoferol.

O β -caroteno do azeite de pequi mostrou pouca estabilidade ao longo do aquecimento (Figura 1A). Para aproveitar os benefícios desse pigmento antioxidante na saúde humana, especialmente a atividade pró-vitamina A (ACHIR et al., 2010), é indicado que o azeite de pequi não sofra processamentos térmicos, ou, quando estes forem indispensáveis, que sejam utilizadas baixas temperaturas por um longo período de tempo em vez de altas temperaturas por pouco tempo.

Os dados obtidos mostram que a reação de degradação dos carotenoides se ajusta ao modelo cinético de 1ª ordem (Tabela 1). Em reação de primeira ordem, a concentração do reagente diminui exponencialmente com o tempo numa velocidade determinada pela constante k (ATKINS; PAULA, 2004). Nos alimentos, muitas reações que representam importantes perdas de qualidade, como degradação de vitaminas, crescimento ou morte de microrganismos, oxidação da cor e perda

Tabela 1 - Parâmetros cinéticos da degradação dos carotenoides e da alteração de cor do azeite de pequi durante aquecimento a 180°C.

Parâmetro	n	Regressão linear	Coefficiente de determinação	K	T _{1/2}
Carotenoides ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0	$y = -2,3979x + 122,8$	$R^2 = 0,78$	2,3979	-
	1	$y = -0,0562x + 5,0129$	$R^2 = 0,98$	0,0562	12,33
	2	$y = 0,0025x - 0,0143$	$R^2 = 0,87$	0,0025	-
Cor L*	0	$y = 0,1643x + 40,514$	$R^2 = 0,89$	0,1643	119,32
	1	$y = 0,0037x + 3,7026$	$R^2 = 0,89$	0,0037	-
	2	$y = -8 \cdot 10^{-5}x + 0,0246$	$R^2 = 0,87$	$8 \cdot 10^{-5}$	-
Cor a*	0	$y = -0,3028x + 19,082$	$R^2 = 0,98$	0,3028	29,97
	1	$y = -0,0404x + 3,2297$	$R^2 = 0,93$	0,0404	-
	2	$y = 0,0077x - 0,0384$	$R^2 = 0,83$	0,0077	-
Cor b*	0	$y = 0,2464x + 18,992$	$R^2 = 0,81$	0,2464	32,41
	1	$y = 0,0103x + 2,9384$	$R^2 = 0,78$	0,0103	-
	2	$y = -0,0004x + 0,0534$	$R^2 = 0,73$	0,0004	-

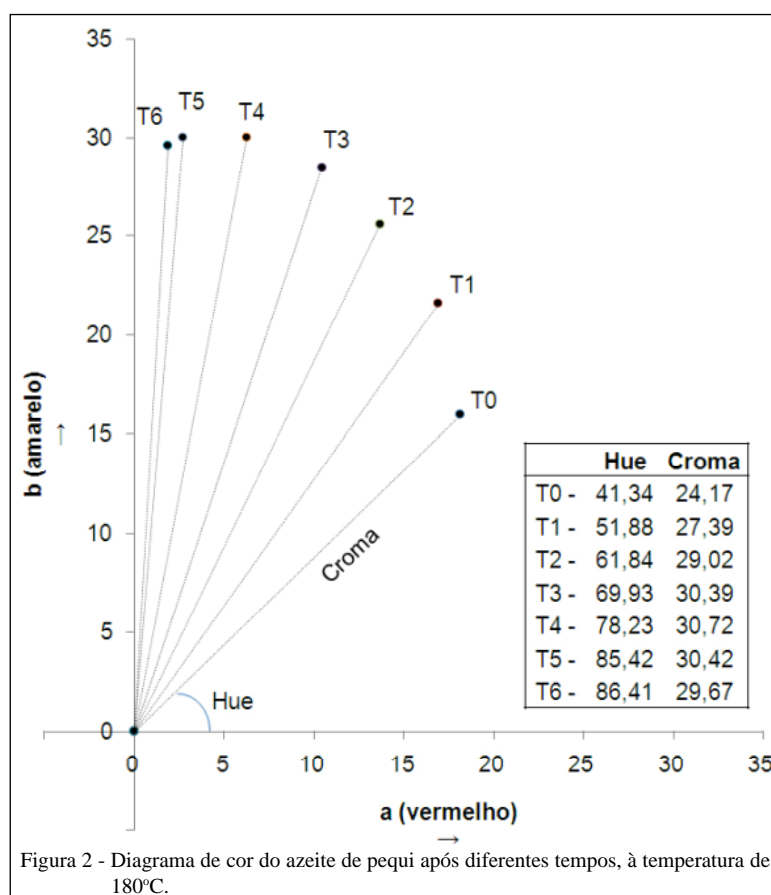
de textura em alimentos termicamente processados são caracterizadas por modelos de primeira ordem (TAOUKIS et al., 1997).

O teor de carotenoides do azeite de pequi submetido ao aquecimento levou aproximadamente 12 minutos (Tabela 1) para alcançar o tempo de meia-vida. Isso indica baixa resistência ao aquecimento, comportamento semelhante ao dos carotenoides de outros óleos (ACHIR et al., 2010; ZEB & MURKOVIC, 2010; CASAL et al., 2010; ZEB & MURKOVIC, 2011). A degradação dos carotenoides causou alteração de cor perceptível a olho nu (Figura 1B), passando de vermelho-alaranjada (tempo zero) para levemente amarelada ao final do tempo de aquecimento. NDJOUENKEU & NGASSOUM (2002), estudando óleos vegetais em fritura, observaram que o aquecimento pode levar ao clareamento, como no caso do óleo de palma, devido à destruição dos carotenoides responsáveis pela sua cor.

Os valores da ordem de reação e o tempo de meia vida das coordenadas L^* , a^* e b^* estão apresentados na tabela 1. Observou-se que a alteração da cor do azeite de pequi seguiu cinética

de ordem zero, indicando depender do tempo de exposição à temperatura empregada. Dessa maneira, a cor do azeite de pequi sempre sofrerá alteração com o passar do tempo de aquecimento (LABUZA, 1982). FERREIRA et al. (1999) encontraram resultados semelhantes em estudo sobre a cinética da degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum. O tempo de meia vida da coordenada L^* foi de aproximadamente 120 minutos. A degradação dos carotenoides do azeite de pequi ao longo do aquecimento permitiu a passagem de mais feixes luminosos, provocando aumento nos valores de L^* durante os 60 minutos de aquecimento. Já o tempo de meia vida das coordenadas a^* e b^* foi de aproximadamente 30 minutos, quando se percebeu o decréscimo dos valores de a^* (cor vermelha) e aumento dos valores de b^* (cor amarela), conforme evidenciado na figura 1B e 2.

Observou-se acréscimo na saturação de cor, com estabilização após 30 minutos de aquecimento e nítida alteração de tonalidade (ângulo hue), que partiu do avermelhado ($41,34^\circ$, no tempo 0) para o amarelado ($86,41^\circ$, após 60 minutos de aquecimento) (Figura 2).



CONCLUSÃO

O aquecimento do azeite de pequi altera acentuadamente a tonalidade e a saturação de cor das amostras nas condições avaliadas, devido à degradação exponencial dos carotenoides ao longo do aquecimento. A cinética dos parâmetros de cor reflete as alterações visuais observadas na coloração do azeite.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à A Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelos financiamentos para realização desta pesquisa, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

- ACHIR, N. et al. Kinetic study of β -carotene and lutein degradation in oils during heat treatment. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v.112, n.3, p.349-361, 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ejlt.200900165/pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2011. doi: 10.1002/ejlt.200900165.
- ALVES, C.C. de O. et al. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenoides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.4, p.830-839, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n4/a11v28n4.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2011.
- AMBRÓSIO, C.L.B. et al. Carotenoides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.19, n.2, p.233-243, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rn/v19n2/a10v19n2.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2011.
- AOAC (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis of AOAC International**. 16.ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997. 1141p.
- AQUINO, L.P. et al. Influência da secagem do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) na qualidade do óleo extraído. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v.29, n.2, p.354-357, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n2/18.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2011.
- ATKINS, P.; PAULA, J. de. **Atkins: físico-química**. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 2v.
- BANSAL, G. et al. Performance of palm olein in repeated deep frying and controlled heating processes. **Food Chemistry**, London, v.121, n.2, p.338-347, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881460901437X#>>. Acesso em: 12 nov. 2011. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.12.034.
- BERK, Z. Frying, baking, roasting. In: _____. **Food process engineering and technology**. London: Academic, 2009. Cap.24, p. 525-532.
- BURTON, G.W.; INGOLD, K.U. Beta-Carotene: an unusual type of lipid antioxidant. **Science**, Washington, v.224, n.4649, p.569-573, 1984. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/224/4649/569.full.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2011.
- CASAL, S. et al. Olive oil stability under deep-frying conditions. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.48, n.10, p.2972-2979, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691510004941>>. Acesso em: 12 nov. 2011. doi: 10.1016/j.fct.2010.07.036.
- DAVIES, B.H. Carotenoids. In: GOODWIN, T.W. (Ed.). **Chemistry and biochemistry of plant pigments**. London: Academic, 1976. Cap.19, p.38-65.
- DI MASCO, P. et al. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v.274, n.2, p.532-538, 1989. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0003986189904670>>. Acesso em: 23 out. 2011.
- FERREIRA, V.L.P. et al. Cinética da degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum, submetida a tratamentos térmico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.1, p.1-8, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-2061199900100010&lng=en&nrm=iso&lng=pt>. Acesso em: 27 out. 2011.
- GODOY, H.T. et al. Occurrence of cis-Isomers of provitamin A in Brazilian fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.42, n.6, p.1306-1313, 1994. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf00042a011>>. Acesso em: 02 nov. 2011.
- JÚAREZ, M.D. et al. Degradation in soybean oil, sunflower oil and partially hydrogenated fats after food frying, monitored by conventional and unconventional methods. **Food Control**, v.22, n.12, p.1920-1927, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713511001885>>. Acesso em: 12 out. 2011. doi 10.1016/j.foodcont.2011.05.004.
- LABUZA, T.P. **Shelf-life dating of foods**. Westport: Food & Nutrition, 1982. 500p.
- LIMA, A. et al. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.695-698, 2007. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v29n3/a52v29n3.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2011.
- MAIANI, G. et al. Carotenoids: actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. **Molecular nutrition e foodresearch**, Weinheim, v.53, n.2, p.194-218, 2009. Disponível em <<http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5094019>>. Acesso em: 24 ago. 2011. doi: 10.1002/mnfr.200800053.
- MALHEIRO, R. et al. Effect of microwave heating with different exposure times on physical and chemical parameters of olive oil. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.47, n.1, p.92-97, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691508005966>>. Acesso em: 29 nov. 2011. doi: 10.1016/j.fct.2008.10.014.
- McGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**, Slezská, v.27, n.12, p.1254-1255, 1992. Disponível em: <<http://hortsci.ashspublications.org/content/27/12/1254.full.pdf+html>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

- NDJOUENKEU, A.R.; NGASSOUM, B.M. Etude comparative de la valeur en friture de quelques huiles vegetales (Comparative study of frying behaviour of some vegetable oils). **Journal of Food Engineering**, Essex, v.52, n.2, p.121-125, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877401000930>>. Acesso em: 12 nov. 2011.
- RAVI, R. et al. Sensory odour profiling and physical characteristics of edible oil blends during frying. **Food Research International**, Barking, v.38, n.1, p.59-68, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996904001693>>. Acesso em: 03 nov 2011. doi: 10.1016/j.foodres.2004.07.008.
- SEGALL S.D. et al. Triacylglycerol analysis of pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) oil by electrospray and tandem mass spectrometry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Davis, v.86, n.3, p.445-452, 2006. Disponível em: <<http://doc.isiri.org.ir/documents/10129/20981/FEB+3.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2011. doi: 10.1002/jsfa.2349.
- TAOUKIS, P.S. et al. Kinetics of food deterioration and half-life prediction. In: VALENTAS, K.J. et al. **The handbook of food engineering practice**. Boca Raton: CRC, 1997. p.361-402.
- TSUZUKI, W. et al. Formation of trans fatty acids in edible oils during the frying and heating process. **Food Chemistry**, London, v.123, n.4, p.976-982, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814610006084>>. Acesso em: 23 out. 2011. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.05.048.
- VACLAVIK, V.A.; CHRISTIAN, E.W. **Essential of food science**. 3.ed. New York: Springer, 2008. 565p.
- VERA, R. et al. Caracterização física e química de frutos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) oriundos de duas regiões no estado de Goiás, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.2, p.93-99, 2007. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/1833/3097>>. Acesso em: 30 out. 2011.
- ZEB, A.; MURKOVIC, M. Carotenoids and triacylglycerols interactions during thermal oxidation of refined olive oil. **Food chemistry**, London, v.127, n.4, p.1584-1593, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814611002792>>. Acesso em: 05 nov. 2011. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.02.022.
- ZEB, A.; MURKOVIC, M. Characterisation on the effects of β -carotene on the oxidation of triacylglycerols using HPLC-ESI-MS. **European Journal of science and technology**, Weinheim, v.112, n.11, p.1218-1228, 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ejlt.201000392/pdf>>. Acesso em 03 nov. 2011. doi: 10.1002/ejlt.201000392.