

Capacidade antioxidante e composição química de grãos integrais de gergelim creme e preto

Elizangela Rodrigues da Silva⁽¹⁾, Hércia Stampini Duarte Martino⁽¹⁾, Ana Vlândia Bandeira Moreira⁽¹⁾, Nair Helena Castro Arriel⁽²⁾, Ayicê Chaves Silva⁽²⁾ e Sônia Machado Rocha Ribeiro⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Nutrição e Saúde, Campus Universitário, s/nº, CEP 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: elizangela.silva@ufv.br, hercia@ufv.br, ana.vladia@ufv.br, sribeiro@ufv.br ⁽²⁾Embrapa Algodão, Rua Oswaldo Cruz, nº 1.143, Bairro Centenário, CEP 58428-095 Campina Grande, PB. E-mail: nair@cnpa.embrapa.br, ajice@cnpa.embrapa.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi determinar a composição química, estimar o conteúdo de compostos fenólicos solúveis totais e de fitatos, e avaliar a capacidade antioxidante de grãos integrais de gergelim (*Sesamum indicum*) creme e preto. Amostras de ambos os tipos de grão foram submetidas a tratamento térmico em estufa de circulação de ar a 150°C por 10 min e trituradas até granulometria de 20 mesh. O gergelim creme apresentou maior teor de lipídios, carboidratos, fibra alimentar solúvel e valor calórico, enquanto o gergelim preto apresentou maior teor de fibras alimentares insolúvel e total. O gergelim preto apresentou teor de compostos fenólicos solúveis totais de 261,9±7,5 mg em equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 g de farinha, aproximadamente duas vezes superior ao do gergelim creme (147,5±31,7 mg por 100 g de EAG). O teor de fitatos do gergelim creme foi duas vezes inferior ao do gergelim preto (0,66±0,06 e 1,36±0,04 g por 100 g de ácido fítico, respectivamente). O gergelim preto apresenta maior potencial funcional relacionado à atividade antioxidante. Contudo, ambos os tipos de gergelim analisados podem ser considerados fontes de compostos antioxidantes naturais.

Termos para indexação: *Sesamum indicum*, alimento funcional, composição química, compostos fenólicos, fibra alimentar, fitatos.

Antioxidant capacity and chemical composition of whole grains of cream and black sesame

Abstract – The objective of this work was to determine the chemical composition, to estimate the contents of phenolic compounds and phytate, and to evaluate the antioxidant capacity of whole grains of cream and black sesame (*Sesamum indicum*). Seed samples from both grain types were subjected to a heat treatment in an oven with forced air circulation at 150°C for 10 min, and milled to 20-mesh particle size. Cream sesame showed higher content of lipids, carbohydrates, soluble dietary fiber, and calories, while black sesame had higher content of insoluble and total dietary fibers. Black sesame had total soluble phenolic content of 261.9±7.5 mg of gallic acid equivalent (GAE) per 100 g of flour, which was approximately two times higher than the value observed for cream sesame (147.5±31.7 mg per 100 g of GAE). Phytate content in cream sesame was two times lower than in black sesame (0.66±0.06 and 1.36±0.04 g per 100 g of phytic acid, respectively). Black sesame has the highest functional potential related to antioxidant activity. However, both sesame grains can be considered sources of natural antioxidant compounds.

Index terms: *Sesamum indicum*, functional food, chemical composition, phenolic compounds, dietary fiber, phytate.

Introdução

Nas últimas décadas, o estresse oxidativo tem sido fortemente associado ao envelhecimento e ao desenvolvimento de diversas doenças crônicas não transmissíveis, inflamatórias e degenerativas, pois o excesso de radicais livres produzidos no organismo humano pode causar lesões a biomoléculas e acarretar

inativação enzimática, mutação, ruptura de membrana, aumento na aterogenicidade de lipoproteínas plasmáticas de baixa densidade e morte celular (Halliwell, 1997).

Apesar de serem efetivas, as defesas antioxidantes endógenas não são suficientes para proteger os componentes celulares contra os danos oxidativos. Portanto, antioxidantes provenientes da dieta são

indispensáveis e desempenham importante papel na defesa contra estresse oxidativo, além de contribuir de forma significativa para a manutenção da saúde (Cerqueira et al., 2007).

Embora o interesse em estudar os compostos fenólicos e os fitatos nos alimentos tenha sido estimulado em virtude de seu efeito antinutricional, capaz de complexar proteínas (Kumar et al., 2010) e quelar minerais (Fredlund et al., 2006), esses compostos têm recebido atenção especial principalmente por suas propriedades funcionais (Kim et al., 2010; Norazalina et al., 2010).

Há evidências crescentes de que os antioxidantes fenólicos e outros fitonutrientes presentes em oleaginosas e em outros vegetais são importantes para a redução da incidência de doenças crônicas em populações com ingestão regular desses alimentos (Melo et al., 2006; Valtueña et al., 2008). Atualmente, especial interesse tem sido voltado aos antioxidantes naturais presentes no gergelim (*Sesamum indicum* L.) (Kouri & Arriel, 2009).

O gergelim ocupa a nona posição entre as oleaginosas mais cultivadas no mundo (Firmino et al., 2001). Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura (Food and Agriculture Organization, 2009), o gergelim é explorado em 69 países, e sua produção mundial é estimada em 3,5 milhões de toneladas de grãos, em aproximadamente 7,5 milhões de hectares cultivados. Cerca de 90% do gergelim produzido mundialmente é destinado ao consumo alimentício (Kouri & Arriel, 2009), e destaca-se como um alimento altamente nutritivo. Essa cultura também é uma opção de cultivo para o Semiárido Nordeste, com boa possibilidade de gerar renda e de atuar como fonte proteica, tanto no consumo direto quanto no enriquecimento de produtos. O gergelim tem baixo custo, apresenta facilidade e variedade nas formas de preparo, além de sabor e aroma agradáveis, o que o torna um alimento com grande potencial para a promoção do consumo de antioxidantes naturais (Figueiredo & Modesto-Filho, 2008).

A utilização do gergelim é bastante diversificada. Em indústrias alimentícias, essa oleaginosa é empregada na elaboração de farinhas, produtos de panificação, doces e biscoitos (Namiki, 1995). Já na culinária caseira, o gergelim é usado no preparo de iguarias regionais ou como ingrediente em saladas e arroz, e também pode ser consumido in natura (Firmino et al., 2001). O gergelim apresenta teores consideráveis

de fibra alimentar e de antioxidantes, com destaque para o conteúdo de compostos fenólicos, fitatos, lignanas e tocoferóis (Chen et al., 2005). Os benefícios proporcionados pelo consumo do gergelim têm sido reportados por diversos autores e incluem a melhora da função reprodutiva, em decorrência de seus efeitos antioxidantes e do aumento nos níveis de testosterona (Ashamu et al., 2010); o controle glicêmico e do peso corporal (Figueiredo & Modesto-Filho, 2008); o aumento da atividade de enzimas antioxidantes em condições de estresse oxidativo (Visavadiya & Narasimhacharya, 2008); a redução do colesterol sérico; e o aumento da capacidade antioxidante na hipercolesterolemia (Chen et al., 2005).

Na literatura, as informações sobre a composição química e as propriedades funcionais do gergelim creme e preto são escassas. Em geral, há mais estudos disponíveis sobre o gergelim creme do que sobre o gergelim preto.

O objetivo deste trabalho foi determinar a composição química, estimar o conteúdo de compostos fenólicos solúveis totais e de fitatos, e avaliar a capacidade antioxidante de grãos integrais de gergelim creme e preto.

Material e Métodos

Foram analisados grãos de gergelim de coloração creme e preta, obtidos no comércio varejista de Viçosa, MG, e do Rio de Janeiro, RJ, por meio de amostras de 1 kg, para cada tipo de semente, provenientes de três locais diferentes, para que se obtivessem lotes distintos.

Para o preparo das amostras, os grãos passaram por tratamento térmico em estufa de circulação de ar a 150°C por 10 min (Moraes et al., 2010). Esse procedimento justifica-se, pois favorece as características físicas adequadas para auxiliar o processo de trituração do gergelim, que, normalmente, é consumido após ser submetido a calor seco. Em seguida, as amostras foram trituradas em moinho de rotor MA.090/CTF, (Marconi, Piracicaba, SP), para se obter granulometria de 20 mesh. As farinhas foram acondicionadas em embalagens de polietileno devidamente identificadas e armazenadas em temperatura ambiente por prazo máximo de uma semana (Figueiredo & Modesto-Filho, 2008).

A composição química dos grãos integrais de gergelim foi determinada em triplicata, segundo os métodos oficiais da Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (Cunniff, 1997). Para determinação

da umidade, utilizou-se secagem em estufa a 105°C até peso constante das amostras. Os lipídios foram extraídos com éter etílico, tendo-se empregado o método intermitente de Soxhlet. As cinzas foram obtidas por calcinação das amostras em mufla, a 550°C, até peso constante. Já as proteínas, foram determinadas pelo método micro-Kjeldahl, após a quantificação do nitrogênio total, seguida de conversão para teor de proteínas a partir da multiplicação pelo fator 6,25.

As fibras alimentares solúveis e insolúveis foram determinadas pelo método enzimático gravimétrico número 985.29 da AOAC (Cunniff, 1997), e o cálculo da fibra alimentar total foi realizado a partir da soma dessas duas frações. As amostras previamente desengorduradas foram submetidas a hidrólises sequenciais com α -amilase, protease e amiloglicosidase utilizando kit enzimático Sigma, (Sigma-Aldrich, São Paulo, SP), tendo-se considerado a fibra alimentar como a porção do alimento resistente à digestão.

Os carboidratos foram determinados pela diferença entre o total da amostra (100%) e os teores de proteína, lipídio, umidade, cinzas e fibra alimentar total (Cunniff, 1997).

O valor calórico total dos grãos foi calculado a partir dos coeficientes calóricos de Atwater, de 4 kcal g⁻¹, para proteínas e carboidratos, e de 9 kcal g⁻¹ para lipídios (Watt & Merrill, 1963).

O teor de fitatos foi determinado por cromatografia de troca iônica e espectrofotometria, conforme o método de Latta & Eskin (1980), com modificações propostas por Ellis & Morris (1986). Para o preparo dos extratos, 0,10 g de cada amostra foi extraída com 5 mL de HCl 2,5% em agitador rotativo (250 rpm por 12 horas). O extrato contendo ácido fítico (AF) foi centrifugado (3.000 rpm por 15 min), e o sobrenadante foi filtrado a vácuo em funil de büchner e purificado com uso de coluna de troca iônica, com fase estacionária constituída por resina Dowex-AGX-4 (Bio-Rad Laboratories, São Paulo, SP). A coluna foi pré-condicionada com NaCl 2 mol L⁻¹, e o extrato obtido das etapas anteriores foi cuidadosamente aplicado à coluna. O fósforo inorgânico foi eluído com NaCl 0,05 mol L⁻¹, e, em seguida, foi realizada eluição dos fitatos retidos com NaCl 2 mol L⁻¹. A quantificação do teor de fitatos foi feita colorimetricamente, com base na coloração rosa do reagente de Wade, formada a partir da reação entre o íon férrico e o ácido sulfossalicílico, cuja absorvância máxima é a 500 nm. Na presença de

fitatos, o ferro é sequestrado e fica indisponível para reagir com o ácido sulfossalicílico, o que resulta na diminuição da intensidade da cor. Uma curva analítica de AF, em concentrações que variaram de 10 a 100 µg mL⁻¹, foi elaborada por meio de regressão linear ($R^2 = 0,994$), com expressão do teor de fitatos em mg por 100 g de AF.

Os fenólicos solúveis totais foram determinados pelo método colorimétrico descrito por Singleton et al. (1999), com uso do reagente de Folin-Ciocalteu. Os extratos foram preparados conforme a metodologia descrita por Bloor (2001). Amostras de cada tipo de grão triturado (1 g) foram mantidas por 30 min sob agitação permanente (180 rpm), em uma solução de extração constituída de metanol:água (60:40 v v⁻¹) à temperatura ambiente. Em seguida, a mistura foi centrifugada (2.500 rpm) por 10 min, e os sobrenadantes foram acondicionados em frascos âmbar e mantidos sob congelamento (-18°C) até o momento das análises. Aliquotas desses extratos também foram utilizadas nos testes de capacidade antioxidante. Os compostos fenólicos solúveis presentes nos extratos reduzem o reagente de Folin-Ciocalteu e produzem coloração azul, ao reduzir o fosfomolibdato, que foi medida espectrofotometricamente em comprimento de onda de 765 nm. A concentração de compostos fenólicos solúveis foi determinada a partir da curva padrão de ácido gálico nas concentrações de 0,01 a 0,1 g L⁻¹ ($R^2 = 0,996$), e o resultado foi expresso em grama de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de farinha.

A capacidade antioxidante dos grãos foi avaliada a partir da atividade de retirada do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) e do poder redutor. A capacidade de sequestrar radicais livres DPPH se baseia na descoloração de uma solução contendo DPPH de cor violeta, pela adição de substâncias que podem ceder um átomo de hidrogênio. A atividade de retirada de radical (ARR) foi determinada de acordo com o método proposto por Blois (1958), tendo sido calculada com a seguinte equação:

$$ARR (\%) = [(A_{\text{amostra}} - A_{\text{branco da amostra}}) / A_{\text{controle}}] \times 100,$$

em que: A_{controle} é a absorvância do controle (solução de DPPH sem a amostra); A_{amostra} é a absorvância da amostra-teste (solução de DPPH mais a amostra-teste); $A_{\text{branco da amostra}}$ é a absorvância da amostra apenas (amostra sem a solução de DPPH). A absorvância foi avaliada em 517 nm.

O poder redutor foi determinado de acordo com Oyaizu (1986), em que o princípio da reação é a doação direta de elétrons na redução de $[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ para $[\text{Fe}(\text{CN})_6]_4$. O produto foi visualizado por adição de íons livres de Fe^{3+} após a reação de redução, que resulta na formação de complexo com coloração azul intensa, $\text{Fe}_4[\text{Fe}^{2+}(\text{CN})_6]_3$, cuja absorvância foi avaliada em 700 nm. Maior absorvância da mistura de reação indica maior poder redutor da amostra.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com dois tratamentos, representados pelo gergelim creme e preto, e com três repetições. As determinações foram realizadas em triplicatas.

Os resultados obtidos foram analisados com o programa SigmaStat, versão 2.0, tendo-se utilizado o teste t de Student para dados pareados, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

O gergelim creme apresentou maior teor de carboidratos, lipídios e valor calórico, e menor valor de fibra alimentar total e fibra alimentar insolúvel (Tabela 1). O gergelim preto apresentou teor duas vezes superior, para fibra alimentar total, e aproximadamente três vezes superior para fibra alimentar insolúvel. Em relação aos carboidratos, o gergelim preto apresentou todo o seu conteúdo unicamente na forma de fibra alimentar, principalmente insolúvel, tendo diferido do gergelim creme, nesse aspecto. Apesar de ser amplamente utilizado na realização de análises rotineiras de fibras alimentares, o método enzimático-gravimétrico não fornece informações

detalhadas quanto aos componentes das fibras, especialmente quanto à composição de carboidratos. Alimentos com maiores concentrações de componentes não digeríveis podem ter seu conteúdo de fibras superestimado, o que demanda a execução de métodos complementares para quantificar com exatidão o teor de fibras alimentares desses alimentos (Vasconcelos et al., 2010), como o de cromatografia líquida de alta eficiência.

Os componentes do gergelim podem sofrer grandes variações, e dependem da variedade e da origem dos grãos. Os resultados referentes à composição química, obtidos para o gergelim creme, situam-se dentro da faixa encontrada por Antoniassi & Souza (2001), exceto para proteínas, que apresentaram valores (Tabela 1) inferiores à faixa reportada pelos autores, de 21,04 a 25,27%. Contudo, Namiki (1995) observou teor de proteínas de 17,7%, semelhante ao relatado no presente trabalho. Em relação aos teores de fibras alimentares solúveis, insolúveis e totais, os teores para o gergelim creme foram próximos ao observado por Sant'Ana et al. (2000). Entretanto, para a fração fibra alimentar solúvel, os autores verificaram valor muito inferior, de 0,43%. Na Tabela brasileira de composição de alimentos (Taco) (Lima et al., 2006), está disponível apenas o valor de fibra alimentar total (11,9%), próximo ao obtido no presente trabalho para o gergelim creme.

Quanto ao gergelim preto, Queiroga et al. (2010), ao avaliar a composição química de alguns de seus componentes, como umidade, lipídios, proteínas e cinzas, observaram valores similares aos obtidos no presente trabalho.

O teor de fitatos diferiu entre os tipos de grãos analisados (Figura 1). O gergelim preto apresentou concentração de fitatos duas vezes superior à do creme. Em sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], as maiores concentrações de fitatos também foram verificadas em grãos com cores mais acentuadas (Ravindran et al., 1994). Os efeitos biológicos relacionados ao potencial antioxidante de fitatos, em contraste aos tradicionais efeitos antinutricionais historicamente relatados (Fredlund et al., 2006; Kumar et al., 2010), têm justificado o crescente interesse em quantificar esses compostos nos alimentos. Estudos que reportam os benefícios dos fitatos dietéticos no controle glicêmico (Kim et al., 2010), na proteção contra o câncer (Norazalina et al., 2010), na prevenção de litíase renal (Grases et al., 2006), na redução do colesterol e de lipídios plasmáticos (Onomi et al., 2004), entre outros,

Tabela 1. Composição química média e valor calórico de grãos integrais de gergelim creme e preto⁽¹⁾.

Composição	Gergelim creme	Gergelim preto
	----- (g kg ⁻¹) -----	
Proteína	18,83±0,25a	19,46±1,73a
Lipídio	56,45±1,07a	48,92±0,58b
Carboidrato	7,06±0,68a	0,0b
Umidade	3,03±0,68a	3,24±0,74a
Cinzas	3,76±0,31a	4,28±0,49a
Fibra alimentar total	10,87±0,58a	24,10±1,02b
Fibra alimentar insolúvel	8,91±0,24a	22,23±1,11b
Fibra alimentar solúvel	1,97±0,34a	1,95±0,16a
Valor calórico (Kcal g ⁻¹)	611,60±7,83a	518,49±8,75b

⁽¹⁾Médias±desvio-padrão seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste t de Student, a 5% de probabilidade.

indicam uma nova visão da ação desses compostos no organismo humano.

O teor de fenólicos solúveis totais do gergelim preto foi cerca de duas vezes superior ao encontrado para o gergelim creme (Figura 1). Shahidi et al. (2006) também obtiveram teor de fenólicos solúveis totais superior para gergelim preto, quando comparado ao creme, com valores expressos em equivalentes de catequina. O mesmo foi observado em análise de sorgo, cujo conteúdo médio de fenólicos solúveis totais foi maior nos grãos vermelhos ($1,39 \text{ mg g}^{-1}$ de EAG), em comparação aos brancos ($0,40 \text{ mg g}^{-1}$ de EAG) (Dicko et al., 2002). Em arroz (*Oryza sativa* L.), os maiores teores de fenólicos solúveis totais são encontrados nos grãos com pericarpo preto e vermelho, em detrimento do marrom-claro. De acordo com Walter (2009), essas variações podem ser atribuídas, principalmente, à cor dos grãos. De fato, Tian et al. (2004) observaram que a

cor do arroz está relacionada ao conteúdo de compostos fenólicos solúveis totais, e grãos com coloração mais escura apresentam teor consideravelmente mais elevado desses compostos.

Os grãos de gergelim analisados apresentaram teores de compostos fenólicos solúveis totais maiores do que os descritos para outros grãos (Figura 1). Em linhaça (*Linum usitatissimum* L.), Kähkönen et al. (1999) relataram teor de fenólicos solúveis totais de $0,80 \text{ mg g}^{-1}$ de EAG. Dicko et al. (2002), ao avaliar o teor de fenólicos solúveis totais em 50 variedades de sorgo, encontraram valor médio de $0,6 \text{ mg g}^{-1}$ de EAG. O teor de fenólicos solúveis totais do alimento influencia diretamente a sua capacidade antioxidante e, conseqüentemente, a sua propriedade funcional na redução de riscos de doenças crônicas não transmissíveis (Valtueña et al., 2008). Assim, os resultados obtidos no presente trabalho indicam que ambos os grãos de gergelim analisados podem ser utilizadas como ingredientes na elaboração de produtos alimentícios, como estratégia para aumentar as propriedades funcionais dos alimentos.

A eficácia de qualquer antioxidante depende de sua capacidade de eliminar e limitar a reatividade de radicais livres com outras biomoléculas (Joshi et al., 2005). Os extratos metanólicos obtidos do gergelim creme e preto apresentaram capacidade de eliminar o radical DPPH e de reduzir o Fe^{3+} . Houve diferença ($p < 0,05$) para a atividade de retirada do radical DPPH ($27,45 \pm 1,76$ e $52,98 \pm 7,53$, para os grãos creme e preto, respectivamente) e para o poder redutor ($0,73 \pm 0,03$ e $1,05 \pm 0,05$, respectivamente). O gergelim preto apresentou maior atividade antioxidante nos dois testes. Esses resultados confirmam a presença de compostos com potencial antioxidante no gergelim, capazes de doar hidrogênio e neutralizar o excesso de radicais livres (Shahidi et al., 2006).

As concentrações de compostos fenólicos e fitatos, em gergelim e em outros grãos, têm sido associadas positivamente com a capacidade antioxidante (Shahidi et al., 2006). No caso dos fenólicos, a atividade antioxidante tem sido atribuída às suas propriedades redutoras, as quais conferem a essas substâncias alta capacidade de neutralizar ou sequestrar radicais livres, quelar metais pró-oxidantes e inativar o oxigênio singleto. A ressonância do anel aromático presente nas estruturas dos compostos fenólicos permite que os intermediários formados sejam estáveis (Soares, 2002). Os fitatos também apresentam habilidade quelante de

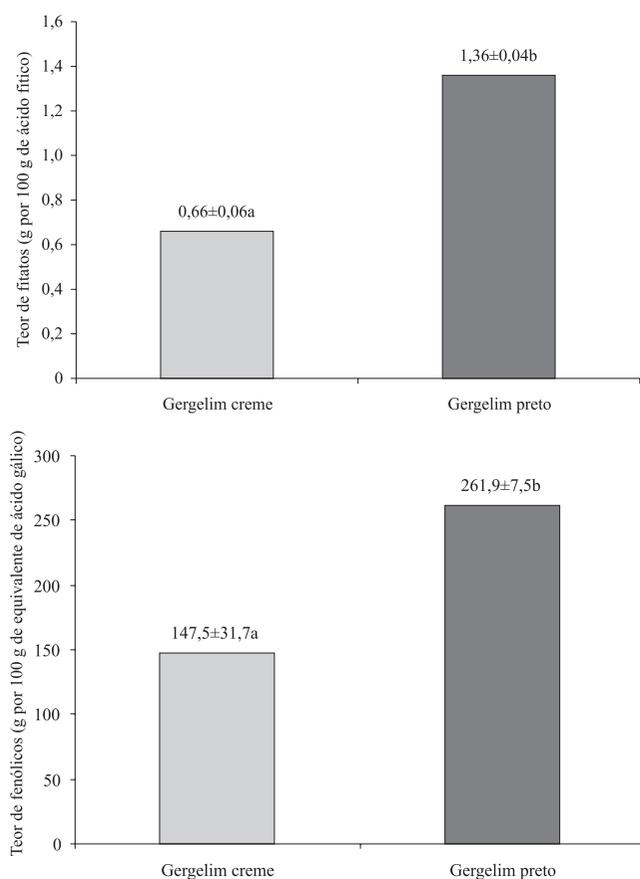


Figura 1. Teores médios de fitatos e fenólicos solúveis totais em grãos integrais de gergelim creme e preto. Médias \pm desvio-padrão seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste t de Student, a 5% de probabilidade.

metais pró-oxidantes, principalmente de ferro livre, o que torna esse elemento cataliticamente inativo e inibe a oxidação e a consequente formação de radicais hidroxil (Kumar et al., 2010).

A capacidade antioxidante foi influenciada pelo conteúdo de compostos fenólicos solúveis totais. O gergelim preto apresentou teor de compostos fenólicos solúveis aproximadamente duas vezes superior ao do creme, além de potencial de sequestrar radicais livres duas vezes mais elevado e poder redutor uma vez e meia maior. Esse resultado também foi verificado por Shahidi et al. (2006), em estudo sobre a capacidade antioxidante de farinhas desengorduradas de gergelim branco e preto e de seus pericarpos. Os autores constataram altas concentrações de compostos fenólicos solúveis totais, grande potencial de atividade de retirada de radical e potente efeito inibidor contra a oxidação de proteína humana de baixa densidade in vitro.

Embora os resultados obtidos no presente trabalho não garantam a biodisponibilidade dos compostos avaliados, a inclusão de alimentos com maior capacidade antioxidante na dieta habitual pode modular mecanismos fisiológicos relacionados à proteção contra doenças crônicas não transmissíveis (Valtueña et al., 2008).

Conclusões

1. O gergelim creme apresenta maior teor de lipídios, carboidratos, fibra alimentar solúvel e valor calórico, enquanto o gergelim preto apresenta maior teor de fibra alimentar insolúvel e total.

2. O gergelim preto apresenta teores mais elevados de compostos fenólicos solúveis e fitatos, além de maior potencial funcional relacionado à atividade antioxidante.

3. O gergelim creme e o preto apresentam compostos com capacidade de sequestrar radicais livres e constituem fonte de antioxidantes naturais, sendo que a capacidade antioxidante do gergelim preto é significativamente maior.

Referências

ANTONIASSI, R.; SOUZA, D.F.S. Composição, processamento e atividade antioxidante. In: BELTRÃO, N.E. de M.; VIEIRA, D.J. (Ed.). **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília:

Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p.327-348.

ASHAMU, E.A.; SALAWU, E.O.; OYEWU, O.; ALHASSAN, A.; ALAMU, O.; ADEGOKE, A.A. Efficacy of vitamin C and ethanolic extract of *Sesamum indicum* in promoting fertility in male Wistar rats. **Journal of Human Reproductive Sciences**, v.3, p.11-14, 2010.

BLOIS, M.S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. **Nature**, v.181, p.1199-1200, 1958.

BLOOR, S.J. Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. **Methods in enzymology**, v.335, p.3-14, 2001.

CERQUEIRA, F.M.; MEDEIROS, M.H.G. de; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v.30, 441-449, 2007.

CHEN, P.R.; CHIEN, K.L.; SU, T.C.; CHANG, C.J.; LIU, T.L.; CHENG, H.; TSAI, C. Dietary sesame reduces serum cholesterol and enhances antioxidant capacity in hypercholesterolemia. **Nutrition Research**, v.25, p.559-567, 2005.

CUNNIFF, P. (Ed.). **Official methods of analysis of AOAC International**. 16.ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997. v.2, 1141p.

DICKO, M.H.; HILHORST, R.; GRUPPEN, H.; TRAORE, A.S.; LAANE, C.; BERKEL, W.J.H.V.; VORAGEN, A.G.J. Comparison of content in phenolic compounds, polyphenol oxidase, and peroxidase in grains of fifty sorghum varieties from Burkina Faso. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.3780-3788, 2002.

ELLIS, R.; MORRIS, R. Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. **Cereal Chemistry**, v.63, p.58-59, 1986.

FIGUEIREDO, A.S.; MODESTO-FILHO, J. Efeito do uso da farinha desengordurada do *Sesamum indicum* L. nos níveis glicêmicos em diabéticas tipo 2. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, p.77-83, 2008.

FIRMINO, P.T.; ARRIEL, N.H.C.; ARRUDA, T.A.; ANTUNES, R.M.P. Valor protéico do grão, importância na alimentação humana e aplicações na fitoterapia e fitocosmética. In: BELTRÃO, N.E. de M.; VIEIRA, D.J. (Ed.). **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p.303-325.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Production quantity of sesame seed in world**. 2009. Available at: <http://faostat.fao.org/site>. Accessed on: 1 July 2010.

FREDLUND, K.; ISAKSSON, M.; ROSSANDER-HULTHÉN, L.; ALMGREN, A.; SANDBERG, A.S. Absorption of zinc and retention of calcium: dose-dependent inhibition by phytate. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v.20, p.49-57, 2006.

GRASES, F.; COSTA-BAUZA, A.; PRIETO, R.M. Renal lithiasis and nutrition. **Nutrition Journal**, v.5, p.23-30, 2006.

HALLIWELL, B. Antioxidants and human diseases: a general introduction. **Nutrition Reviews**, v.55, p.44-52, 1997.

JOSHI, R.; KUMAR, M.S.; SATYAMOORTHY, K.; UNNIKRISSAN, M.K.; MUKHERJEE, T. Free radical

- reactions and antioxidant activities of sesamol: pulse radiolytic and biochemical studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.2696-2703, 2005.
- KÄHKÖNEN, M.P.; HOPIA, A.I.; VUORELA, H.J.; RAUHA, J.P.; PIHLAJA, K.; KUJALA, T.S.; HEINONEM, M. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, p.3954-3969, 1999.
- KIM, S.M.; RICO, C.W.; LEE, S.C.; KANG, M.Y. Modulatory effect of rice bran and phytic acid on glucose metabolism in high fat-fed C57BL/6N mice. **Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition**, v.47, p.12-17, 2010.
- KOURI, J.; ARRIEL, N.H.C. Aspectos econômicos. In: ARRIEL, N.H.C.; BELTRÃO, N.E. de M.; FIRMINO P. de T. (Ed.). **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p.193-209. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- KUMAR, V.; SINHA, A.K.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: a review. **Food Chemistry**, v.120, p.945-959, 2010.
- LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.28, p.1313-1315, 1980.
- LIMA, D.M.; COLUGNATI, F.A.B.; PADOVANI, R.M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; SALAY, E.; GALEAZZI, M.A.M. **Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO: versão 2**. 2.ed. Campinas: Unicamp, 2006. 113p.
- MELO, E. de A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.L.A.G.; LEAL, F.L.L.; CAETANO, A.C.S.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, p.639-644, 2006.
- MORAES, É.G.; DANTAS, M.I. de S.; MORAIS, D.C. de; SILVA, C.O. da; CASTRO, F.A.F. de; MARTINO, H.S.D.; RIBEIRO, S.M.R. Sensory evaluation and nutritional value of cakes prepared with whole flaxseed flour. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, p.974-979, 2010.
- NAMIKI, M. The chemistry and physiological functions of sesame. **Food Reviews International**, v.11, p.281-329, 1995.
- NORAZALINA, S.; NORHAIZANA, M.E.; HAIRUSZAHB, I.; NORASHAREENA, M.S. Anticarcinogenic efficacy of phytic acid extracted from rice bran on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in rats. **Experimental and Toxicologic Pathology**, v.62, p.259-268, 2010.
- ONOMI, S.; OKAZAKI, Y.; KATAYAMA, T. Effect of dietary level of phytic acid on hepatic and serum lipid status in rats fed a high-sucrose diet. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v.68, p.1379-1381, 2004.
- OYAIZU, M. Studies of products browning reaction: antioxidative activity of products of browning reaction prepared from glucosamine. **Japanese Journal of Nutrition**, v.44, p.307-315, 1986.
- QUEIROGA, V. de P.; BORBA, F.G.; ALMEIDA, K.V. de; SOUSA, W.J.B. de; JERÔNIMO, J.F.; QUEIROGA, D.A.N. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de gergelim com distintas cores. **Revista Agroambiente On-line**, v.4, p.27-33, 2010.
- RAVINDRAN, V.; RAVINDRAN, G.; SIVALOGAN, S. Total and phytate phosphorus contents of various foods and feedstuffs of plant origin. **Food Chemistry**, v.50, p.33-36, 1994.
- SANT'ANA, L.F. da R.; COSTA, N.M.B.; OLIVEIRA, M.G. de A.; GOMES, M.R.A. Valor nutritivo e fatores antinutricionais de multimisturas utilizadas como alternativa alimentar. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.3, p.129-135, 2000.
- SHAHIDI, F.; LIYANA-PATHIRANA, CM.; WALL, D.S. Antioxidant activity of white and black sesame seeds and their hull fractions. **Food Chemistry**, v.99, p.478-483, 2006.
- SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in enzymology**, v.299, p.152-177, 1999.
- SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v.15, p.71-81, 2002.
- TIAN, S.; NAKAMURA, K.; KAYAHARA, H. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.52, p.4808-4813, 2004.
- VALTUEÑA, S.; PELLEGRINI, N.; FRANZINI, L.; BIANCHI, M.A.; ARDIGÒ, D.; DEL RIO D.; PIATTI, P.M.; SCAZZINA, F.; ZAVARONI, I.; BRIGHENTI, F. Food selection based on total antioxidant capacity can modify antioxidant intake, systemic inflammation, and liver function without altering markers of oxidative stress. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.87, p.1290-1297, 2008.
- VASCONCELOS, A.M.; SILVA, C.O. da; TEIXIERA, L.J.Q.; CHAVES, J.B.P.; MARTINO, H.S.D. Determinação da fração da fibra alimentar solúvel em raiz e farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) pelo método enzimático-gravimétrico e cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.69, p.188-193, 2010.
- VISAVADIYA, N.P.; NARASIMHACHARYA, A.V.R.L. Sesame as a hypocholesteremic and antioxidant dietary component. **Food and Chemical Toxicology**, v.46, p.1889-1895, 2008.
- WALTER, M. **Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom-claro, vermelho e preto**. 2009. 119p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- WATT, B.; MERRILL, A.L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington: Agricultural Research Service, 1963. 198p. (Agriculture Handbook, 8).

Recebido em 12 de fevereiro de 2011 e aprovado em 4 de junho de 2011