

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE EXTRUDADOS EXPANDIDOS A BASE DE ARROZ, SOJA E GERGELIM

MOREIRA, D. K. T. ^{1*}; CARVALHO, C. W. P. ²; BARCELOS, M.E.P. ¹; FERREIRA, E. B. ¹.

¹UFLA ²Embrapa Agroindústria de Alimentos *deborakono@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A elaboração de produtos expandidos por meio do processo de extrusão tem crescido notavelmente nos últimos anos. O processo de extrusão é uma tecnologia versátil e eficiente que encontra grande aplicação na indústria de alimentos. Esta tecnologia baseia-se no processo contínuo em que o alimento é exposto à alta temperatura, alta pressão e considerável força de cisalhamento, por reduzido período de tempo. Das várias ações que ocorrem no interior de uma extrusora, a compatibilização de diferentes ingredientes é importante no desenvolvimento de produtos alimentícios de pronto consumo e ricos em proteínas e/ou fibra alimentar.

O arroz (*Oriza sativa* L.) é um importante cereal, com seus atributos únicos, tais como sabor suave, versatilidade de uso e de fácil digestão. É fonte de carboidratos (amido) e baixo teor de lipídios (menor que 1%) que o torna interessante na elaboração de produtos pelo processo de extrusão.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) leguminosa destaca-se entre os alimentos vegetais pelos elevados teores protéicos, lipídicos, de vitaminas e minerais, apresenta teor elevado do aminoácido lisina, porém, reduzido teor dos aminoácidos sulfurados (metionina e cistina).

O gergelim (*Sesamum indicum*, L) encontra-se em posição privilegiada em relação às oleaginosas cultivadas, pois, além do grão, apresenta lipídios de fácil extração. A torta residual da extração do óleo é rica em proteínas. Contém elevado teor de aminoácidos sulfurados, porém, é pobre em lisina que leva as proteínas das leguminosas combinarem-se, nutricionalmente, com as do arroz e do gergelim, permitindo, desta forma, a elaboração de produtos de considerada qualidade protéica com a combinação de arroz, soja e gergelim.

As matérias-primas empregadas no processo de extrusão podem ser combinadas em quantidades adequadas para garantir uma melhoria na qualidade química, física e nutricional de produtos expandidos. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo obter e caracterizar extrudados expandidos a base de arroz, soja e gergelim.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras-MG e na Embrapa, Agroindústria de Alimentos, localizada na cidade do Rio de Janeiro/RJ.

Matérias-primas para obtenção dos extrudados expandidos

As matérias-primas, utilizadas na obtenção dos extrudados expandidos foram: arroz polido, adquirido no comércio da cidade do Rio de Janeiro/RJ, o qual foi moído em moinho de discos marca Laboratory Mill 3600 (Pertin Instruments, Kungens Kurva, Suécia), para obtenção do *grits*, farinha de soja desengordurada (FDS), doada pela

empresa Marsul (Montenegro/RS, Brasil), gergelim integral (GI), fornecido pela Embrapa Algodão e torta de gergelim, obtida por meio da prensagem a frio dos grãos de gergelim, com auxílio de uma extrusora tipo *expeller* CA59G OEKOTEC (IBG Monforts, Alemanha), utilizando uma matriz circular de 5mm e velocidade média, posteriormente, moída em moinho de discos Laboratory Mill 3600 (Perten Instruments, Kungens Kurva, Suécia), obtendo-se a farinha da torta de gergelim semi-desengordurada (TG) e armazenada sob refrigeração até o processamento.

Processo de extrusão

A extrusão termoplástica foi realizada, considerando-se uma mistura fixa de arroz (*grits*) e farinha desengordurada de soja (FDS), de acordo com Hulse, Rachie e Billingsly citados por Brody (1994), onde utilizou-se a combinação de 50% de proteínas do arroz com 50% de proteínas da soja. Foi adicionada a essa combinação, gergelim integral (GI) ou torta de gergelim (TG), em quantidades de 5, 10, 15 e 20%.

As farinhas foram pesadas e condicionadas a 12% de umidade, baseando-se em testes preliminares. Em seguida, foram homogeneizadas manualmente, por aproximadamente 3 min e armazenadas em embalagens plásticas, fechadas hermeticamente sob refrigeração (8°C), durante 24h, para melhor distribuição e absorção de água. Após este período, as amostras foram submetidas ao processo de extrusão.

A extrusão das farinhas foi feita em extrusora comercial de rosca simples da marca Imbramaq (Ribeirão Preto, SP, Brasil), modelo RX50, com capacidade de produção de 50 kg/h, com matriz circular de 4 furos de 1mm de diâmetro cada, umidade de condicionamento da amostra de 12% e rotação do parafuso 377,78 rpm. Após a extrusão, os *snacks* foram cortados, por um cortador acoplado à extrusora com velocidade máxima. Os *snacks* obtidos foram secos em estufa, com circulação de ar da marca Fabbe-Primar (São Paulo/SP, Brasil), por 24h em temperatura de 50°C e armazenados em embalagens de polietileno até serem analisados.

Composição centesimal

As determinações da composição centesimal das matérias-primas e dos extrudados foram realizadas conforme os métodos da AOAC (1997). A umidade foi feita pelo método gravimétrico nº 920.151 em estufa 105°C até peso constante da amostra; o Resíduo mineral fixo (cinzas) pelo método gravimétrico nº 940.26 por calcinação da amostra em mufla a 550°C; proteínas pelo método Kjeldahl nº 920.87, extrato etéreo por extração em Soxhlet nº 31.4.02 e fibra bruta. O teor de carboidratos foi calculado por diferença, diminuindo de 100 o somatório de proteínas, lipídios, cinzas, umidade e fibra. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em porcentagem.

Análise de amido

Foi extraído por hidrólise ácida, segundo a técnica da AOAC (1990) e identificado pelo método de Somogy modificado por Nelson (1944).

Análise estatística

Utilizou-se, neste trabalho, o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial duplo e um tratamento adicional $2 \times 4 + 1$, sendo duas formas de utilização de gergelim (integral e torta) e quatro proporções de gergelim (5%, 10%, 15% e 20%) e uma testemunha (0% de gergelim) obtendo-se nove tratamentos com a realização de três repetições cada. Procedeu-se à análise de variância a 5% de probabilidade.

Quando significativo, foi analisado o contraste entre a média do tratamento adicional (testemunha) e a média do fatorial. De forma análoga, a interação do esquema fatorial foi desdobrada quando necessário. Foi adotado o teste de Tukey, a 5% de significância, para as formas de adição de gergelim e regressão para as proporções de adição de gergelim, por meio do programa SISVAR 5.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição centesimal das matérias-primas

A Tabela 1 apresenta a composição centesimal do arroz, farinha de soja desengordurada (FDS), gergelim integral (GI) e da torta de gergelim (TG).

TABELA 1 Composição centesimal, em matéria seca, do arroz, farinha desengordurada de soja (FDS), gergelim integral (GI) e torta de gergelim (TG) e suas respectivas umidades

Composição	Arroz	FDS	GI	TG
Umidade (%)	12,54	7,32	7,44	9,63
Proteína (%)	7,52	56,64	12,86	50,66
Lípídeo (%)	0,66	0,83	45,87	10,97
Cinzas (%)	1,06	6,32	3,93	8,47
Fibra (%)	0,19	6,21	3,07	5,28
Carboidrato (%)*	90,58	30,00	34,28	24,62

*Calculado por diferença

Conforme a Tabela 1, as matérias-primas em forma de farinhas apresentaram teores de umidade abaixo de 13%. Para Leitão (1990), o melhor teor de umidade em farinhas encontra-se entre 12 e 13%, pois, acima de 14 % começa a apresentar problemas, quanto ao armazenamento e tendência a formar grumos, que não irão fluir uniformemente no início do processo.

Os resultados das análises confirmam que o arroz é fonte de carboidratos, em virtude de sua elevada concentração no grão que representou 81,83%. Teor próximo ao relatado por Bobbio & Bobbio (1992) que é, aproximadamente, de 90%, podendo 63 a 92% ser representado pela amilopectina e 8 a 37% pela amilose. Os teores de lipídeo, proteína, cinza e fibra apresentaram-se baixos. Valores de umidade, proteína e lipídeo foram semelhantes aos relatados por IBGE (1999), Franco (2001) e Núcleo de Estudos e

Pesquisas em Alimentação - NEPA (2004) que foram em média de 12 a 13%; 7,2%; e 0,6%, respectivamente. O conteúdo de cinzas obtido foi o dobro do encontrado por esses mesmos autores.

A farinha desengordura de soja (FDS) mostrou-se estar dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada, RDC 268 (Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa, 2001), que estabelece os padrões de qualidade e identidade de produtos proteicos de origem vegetal, em relação à umidade (máximo 9%), lipídio (máximo 2%) e proteína [mínimo 45% (% Nitrogênio x 6,25)]. Entretanto, os valores de fibras e cinzas ultrapassaram os teores de classificação da FDS, que é no máximo 4% e 6% em base seca, respectivamente.

O gergelim integral apresentou alto teor de lipídios, representando quase 50% da sua composição. Este resultado está de acordo com Beltrão (1995), ao relatar que o óleo representa 44% a 58% do peso do grão de gergelim. Em relação ao elevado teor de carboidrato, Namiki (1995) reporta que não se trata de amido e, sim, de fibra dietética. Suposição esta confirmada por Sourci et al. citado por Beltrão et al. (1994) que encontraram 11,2g/100g de fibra dietética no grão integral.

A torta de gergelim, subproduto da extração do óleo, apresentou alto teor de proteína (50,66%), que pode variar, de acordo com o conteúdo residual de óleo, pois Araújo et al. (2006) encontraram 39,77% de proteína e 12,8% de lipídeo, enquanto Maia et al. (1999) registraram 63,78% de proteína e 3,03% de lipídeo. Os teores de carboidrato e fibra foram maiores aos encontrados por estes autores, 22,8% e 22,28%; e 4,7% e 4,54%, respectivamente.

O alto teor residual de óleo, na torta de gergelim, pode ser explicado pelo método de extração utilizado, visto que a extração, realizada por prensagem dos grãos integrais, apresenta baixo rendimento, de 11% a 18% de óleo residual, quando comparado com a extração por solvente, segundo Yen e Lay (1989) citado por Firmino (1997).

Composição centesimal dos *snacks* expandidos de arroz, soja e gergelim

A Tabela 2 apresenta, em base seca, a composição centesimal aproximada dos *snacks* expandidos de arroz e soja; e arroz, soja e gergelim, representado na forma de grão (GI) e torta (TG), nas proporções de 5, 10, 15 e 20%.

TABELA 2 Composição centesimal (% em base seca) dos extrudados expandidos de arroz e soja, arroz, soja e gergelim integral e arroz, soja e torta de gergelim

Variáveis	Arroz + Soja	Gergelim integral				Torta de gergelim			
		5 %	10 0%	15 5%	20 0%	5 %	10 0%	15 5%	20 0%
Umidade	1,92	,59	,72	,18	,1	,64	,47	,47	,17
Proteína*	11,79	4,02	5,27	6,10	6,69	4,16	5,50	6,79	7,70
Lipídeo	0,18	,27	,41	,83	,86	,24	,34	,73	,06
Cinzas	0,33	,41	,61	,64	,74	,45	,66	,88	,98
Fibra	2,21	,62	,69	,76	,79	,31	,73	,81	,91

	Carboidrat	85,48	8	7	7	7	8	7	7	7
o**			1,67	8,03	4,67	1,92	1,83	9,77	7,79	6,35

* %N x 6,25

**Calculado por diferença

Verifica-se que a adição de gergelim, tanto na forma de semente como de torta, permitiu um aumento considerável no teor de proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e fibra bruta nos *snacks* de arroz e soja. Entretanto, fato inverso aconteceu com o teor de carboidrato, pela matéria-prima gergelim ter pouco amido.

Analisando os resultados obtidos por meio da análise de variância não houve diferença significativa em nenhum dos tratamentos, para a variável umidade, demonstrando que o processo de secagem, após a extrusão, foi homogêneo e eficiente para todos os tratamentos.

A análise de variância, para proteína dos extrudados expandidos de gergelim, mostrou que a interação substrato*dose e o contraste com o tratamento adicional foram significativos. Dessa forma, fez-se o desdobramento do substrato dentro de cada dose (5, 10, 15 e 20%) e aplicou-se o teste de Tukey. As doses 5% (GI=14,02% e TG=14,16%) e 10% (GI=15,27% e TG=15,50%) não apresentaram diferença significativa entre as médias. Contudo, as doses 15% (77,79%) e 20% (76,35%) de TG apresentaram maiores médias, quando comparadas com as doses contendo GI (15%=74,68 e 20%=71,92). Valor esse esperado uma vez que a torta possui teor de proteína mais elevado do que o grão integral de gergelim. dessa forma, o melhor modelo estimado pela ANOVA foi a parábola, tanto para os produtos, contendo gergelim integral como para os contendo torta de gergelim, apresentando coeficiente de determinação igual a 99,94% e 99,92%, respectivamente.

Observou-se que a interação substrato*dose foi significativa para o teor de lipídeos dos *snacks* de arroz e soja (tratamento adicional) e dos contendo gergelim conforme a análise de variância. O desdobramento das doses de GI e TG mostrou que os *snacks* contendo gergelim integral apresentaram maiores médias para todas as doses analisadas, de acordo com o teste de Tukey, em nível de 5% de significância. O melhor modelo estimado, para o teor de lipídeo dos *snacks*, contendo GI, foi o reta com R² igual a 99,90% e para os *snacks* contendo TG, o melhor modelo estimado, também, foi o modelo reta com R² igual a 95,51%.

Para o teor de lipídeos, obteve-se uma resposta linear com aumento das quantidades (doses) de gergelim, principalmente, nos extrudados adicionados de gergelim integral.

Quanto ao teor de cinzas, o contraste com o tratamento adicional e a interação substrato*dose foram significativos, ou seja, a adição de gergelim e a variação da quantidade ou dose não podem explicar, individualmente, a variação dos teores de cinzas. Com o desdobramento do substrato, empregou-se o teste de Tukey, em nível de 5% de significância e observou-se que as doses 5% e 10% não obtiveram diferença significativa nas médias do teor de cinzas, para os extrudados, contendo GI e TG. Entretanto, para os níveis de 15% e 20%, as maiores médias foram obtidas pelos extrudados, contendo TG, como pode ser observado na Tabela 3. Pela análise de regressão, para o desdobramento do substrato GI e TG, obteve-se um coeficiente de

determinação igual a 95,54% e 99,34%, respectivamente, destacando a parábola como o melhor modelo estimado para os dois tipos de substratos.

Com a análise de variância, para a variável fibra dos extrudados, contendo gergelim, foi mostrado que as fontes substrato e dose foram significativas, ou melhor, a variação do teor de fibra pode ser explicada pelo tipo de substrato (GI ou TG) ou pelo aumento da quantidade deste. Empregando-se o teste de Tukey, observou-se que, para todas as doses, o substrato TG obteve maior média (3,69%) que o substrato GI (2,72%) e o melhor modelo estimado para fonte variação dose foi a reta, com coeficiente de determinação igual a 89,85%.

Em relação ao teor de carboidrato, nos produtos extrudados de arroz, soja e gergelim, verificou-se que a interação substrato*dose e o contraste com o tratamento adicional foram os únicos significativos. Os teores de carboidrato foram influenciados pela forma e pelo aumento da adição de GI e/ou TG nos produtos extrudados expandidos. Pelo teste de Tukey, para o desdobramento do substrato, mostrou-se que não houve diferença significativa ($p < 5\%$) para a média da dose 5%. Todavia, o substrato TG (5%= 81,83%; 10%= 79,77%; 15%= 77,79% e 20%= 76,35%) obteve maiores médias que o substrato GI (5%= 81,67%; 10%= 78,03%; 15%= 74,68% e 20%= 71,92%) para as doses 10%, 15% e 20%. A análise de desdobramento da dose dentro de cada nível de GI e TG foi feita por meio da análise regressão, obtendo-se alto coeficiente de determinação. O melhor modelo estimado foi o modelo parábola para os extrudados contendo GI, com $R^2 = 99,99\%$; e para os extrudados contendo TG o melhor modelo foi a reta, com $R^2 = 99,27\%$.

Pelas análises obtidas, observou-se que a adição de GI de gergelim, nos extrudados expandidos de arroz e soja, contribuiu para o aumento do teor de lipídeos, e a adição de TG para os teores de proteína e fibra bruta. Comparando os extrudados contendo GI e TG, provavelmente, com o emprego da torta, na formulação de extrudados expandidos, obter-se-ia uma melhor contribuição na composição nutricional do que o gergelim integral.

Os *snacks* de arroz, soja e torta de gergelim podem ser considerados “fonte de fibra alimentar”, pois de acordo com o regulamento técnico, referente à informação nutricional complementar, que corresponde à Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998 (ANVISA, 1998) preconiza que o produto pronto para consumo, para ser fonte, deve conter no mínimo 3 g de fibra/100g do produto.

Teores elevados de lipídeos tendem a reduzir a viscosidade da massa extrudada, prejudicando a expansão; em contrapartida, níveis baixos (lipídeos < 5%) facilitam uma extrusão constante e melhoram a textura (Harper, 1981 e Cheftel, 1986). O desengorduramento do amaranto não alterou o conteúdo proteico, mas sua digestibilidade aumentou significativamente, sugerindo um balanço de aminoácidos absorvidos (Garcia et al., 1987).

CONCLUSÃO

As matérias-primas, farinha desengordurada de soja e torta de gergelim, apresentaram elevados teores de proteínas. Assim, tanto a adição de gergelim integral como torta de gergelim na base de arroz e soja aumentaram os valores das proteínas nos produtos extrudados. Os *snacks* adicionados de torta de gergelim foram considerados fontes de fibra em todas as quantidades estudadas.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro e a Embrapa Agroindústria de Alimentos por estar sempre de portas abertas para a pesquisa e para o aluno que quer desenvolvê-la.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 16. ed. Washington, 1997. v. 2.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analytical of Association of Official Analytical Chemists. 15 ed. Washington, 1990.v. 2.

ARAÚJO, A. M.; SOARES, J. J.; BELTRÃO, N. E. M.; FIRMINO, P. T. Cultivo do gergelim. Campina Grande: Embrapa-CNPA, 2006.

BELTRÃO, N. E. A importância da cultura do gergelim para a região nordeste. CNPA Informa, Campina Grande, n. 19, p. 5, dez. 1995.

BOBBIO, P. A. ; BOBBIO, F. O. . Química do processamento de alimentos. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992. v. 1, 151 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria nº 27, 13 de janeiro de 1998. Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar. Diário Oficial da União, Brasília, 16 de janeiro de 1998.

BRODY, T. Nutritional biochemistry. London: Academic, 1994. 658p.

CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion cooking. Food chemistry, London, v. 20, n. 3, p. 263-283, 1986.

COLONNA, P.; MERCIER, C. Macromolecular modifications of manioc starch components by extrusion-cooking with and without lipids. Carbohydrate Polymers, Oxford, v. 3, n. 2, p. 87-108, 1983.

FIRMINO, P. T.; BELTRÃO, N. E. M. Valor protéico de sementes de gergelim (*Sesamum Indicum* L..) cultivar CNPA G-2. Campina Grande: Embrapa/CNPA, 1997.

FRANCO, G. Tabela de composição química dos alimentos. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2001. 307p.

GARCIA, L. A.; ALFARO, M. A.; BRESSANI, R. Digestibility and protein quality of raw and heat-processed defatted and nondefatted flour prepared with three amaranth species. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, London, v. 35, n. 5, p. 604-607, May 1987.

HARPER, J. M. *Extrusion of foods*. Florida: CRC, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Estudo nacional da despesa familiar: tabela de composição de alimentos*. 5. ed. Rio de Janeiro: Varela, 1999. 137p.

LEITÃO, R. F. F. *Tecnologia de macarrão*. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. v. 3, 71 p.

MAIA, G. A.; CALVETE, Y. M. A.; TELLES, F. J. S.; MONTEIRO, J. C. S.; SALES, M. G. Eficiência da farinha desengordurada de gergelim como complemento protéico da farinha extrudada de caupi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 7, p. 1295-1303, jul. 1999.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogy method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemistry*, Bethesda, v. 153, n. 2, p. 375-380, July 1944.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. *TACO: tabela brasileira de composição de alimentos*. Campinas, 2006. 113 p.