

OBTENÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS DE FARINHAS EXTRUDADAS À BASE DE ARROZ, SOJA E GERGELIM

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

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

INTRODUÇÃO

A combinação da proteína de cereais com leguminosas, a exemplo do arroz e soja, revela-se, nutricionalmente, superior a cada uma delas isoladamente. Esta combinação atende às necessidades de proteína e energia, pois, a soja é rica em lisina e o arroz contém elevado teor de sulfuros proporcionando uma adequada combinação protéica (Jarquin et al., 1966).

A farinha de arroz tem diversas propriedades, algumas associadas com a variedade, pois, dependendo do tipo alteram as propriedades viscoelásticas, temperatura de gelatinização do amido, capacidade de retenção de água e outras com mudanças ocasionadas durante o processamento do arroz. Pesquisas com estas propriedades podem ser utilizadas no desenvolvimento de farinhas de arroz atrativas para a indústria e para o consumo. Tratamentos, como a extrusão, podem alterar as propriedades do amido de arroz fazendo dessas farinhas base excelente para o desenvolvimento de novos produtos (Houston, 1972).

A soja (*Glycine max*, L.) é utilizada na alimentação humana, principalmente, na forma de farinhas integral e desengordurada, de concentrados e isolados protéicos de soja. A utilização de suas proteínas em alimentos industrializados apresenta diversas vantagens tecnológicas, como o aumento de retenção de umidade, melhoria da textura, ligamento, coesão e rendimento final, retenção dos atributos de qualidade em geral, cor agradável, melhor palatabilidade, aparência e valor nutricional (Araújo et al., 1997).

A utilização de alimentos à base de gergelim (*Sesamum indicum* L.) vem crescendo, consideravelmente, pois a semente integral possui em média 19% de proteína e 50% de óleo; 48% são ácidos graxos oléico e 42% linoleico (Firmino & Beltrão, 1997). O óleo possui propriedade antioxidante e conservante, representadas por alguns constituintes, como o sesamol, sesamina e a sesamolina.

A extração do óleo dos grãos de gergelim gera um subproduto denominado torta que é, principalmente, utilizado na alimentação animal como fonte de proteína por conter de 30 a 50% (Aboissa Óleos Vegetais, 2009). Entretanto, este resíduo, quando submetido a processos tecnológicos, provavelmente, deva gerar novos produtos com boas características nutricionais, podendo ser incrementados na dieta humana.

A extrusão é um dos processos em que se pode empregar um número variado de ingredientes e suas condições de processamento asseguram sua versatilidade e abrangem a aplicabilidade de uma grande cadeia de produtos alimentares (Harper, 1978 apud Borba, 2005). É um processo contínuo de um único estágio que envolve alta temperatura e pressão, que modifica as características físicas, químicas e nutricionais dos alimentos, por meio de uma combinação do calor com o atrito do material e o trabalho mecânico, promovendo a gelatinização do amido e desnaturação das proteínas,

alterando, dessa forma, a textura e possibilitando a moldagem do material extrudado em diversas formas (Gutkoski, 1997).

Alguns componentes do material a ser extrudado, como proteínas, lipídios e fibras complexam e/ou interagem com o amido, durante o processo, diminuindo a degradação das moléculas do amido, que é responsável pelas propriedades físicas, tecnológicas funcionais e sensoriais dos extrudados expandidos (Launay & Kone, 1999; Singh et al., 2006).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo obter farinha extrudada de arroz e soja com a adição de quantidades crescentes de gergelim, integral e torta; e analisar suas propriedades de funcionais de absorção e solubilização em água.

MATERIAL E MÉTODOS

Matérias-primas para obtenção das farinhas extrudadas

As matérias-primas utilizadas na obtenção da farinha extrudada foram: arroz, adquirido no comércio da cidade do Rio de Janeiro/RJ, o qual foi moído em moinho de discos marca Laboratory Mill 3600 (Perten 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 pela 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. Foi, 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.

Formulação das farinhas extrudadas

Visando estabelecer a combinação protéica adequada de um cereal (arroz) e uma leguminosa (soja), utilizou-se a proposta de Hulse, Rachie e Billingsly (1977), citados por Brody (1994). Esses autores relataram que, com a combinação de 50% de proteína do arroz com 50% de proteína, provinda da leguminosa (farinha desengordurada de soja - FDS), determinaram-se os teores protéicos do arroz (7,52%) e da FDS (56,64%).

As formulações, para a obtenção das farinhas foram, portanto, determinadas considerando-se uma mistura fixa de arroz e FDS e variando as proporções de gergelim integral em 5, 10, 15 e 20%; e de torta de gergelim em 5, 10, 15 e 20%, perfazendo um total de nove (9) tratamentos.

Processo de extrusão

Preparo da matéria-prima

As matérias-primas foram pesadas e condicionadas a 12% de umidade, baseando-se em testes preliminares, cuja porcentagem de água, a ser adicionada. Em seguida foram homogeneizadas manualmente por, aproximadamente, 3 min e

armazenadas em embalagens plásticas fechadas hermeticamente e sob refrigeração (8°C), durante 24h para melhor distribuição e absorção de água. Após este período, as amostras foram submetidas ao processo de extrusão.

Extrusão das matérias-primas para obtenção das farinhas extrudadas

Ensaio preliminares foram realizados para determinar as condições de processamento. Desses ensaios foram delineados os experimentos e a extrusão termoplástica foi realizada obtendo-se 3 tipos de *snacks* expandidos (arroz e FDS; arroz, FDS e GI em 5, 10, 15 e 20%; e arroz, FDS e TG).

A extrusão das farinhas foi feita em uma 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 meio de 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 24 horas e triturados em moinho do tipo martelo para obtenção das farinhas. Estas foram armazenadas em embalagens de polietileno até serem analisadas.

Caracterização funcional e física das farinhas extrudadas

2.4.3.1 Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)

A determinação do ISA e IAA foi realizada, conforme os princípios básicos do método descrito por Anderson et al. (1969), com modificações. As análises foram realizadas em quadruplicatas para ensaio a fim de verificar a absorção e a solubilidade em água das farinhas extrudadas.

Análise estatística

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial duplo, com um tratamento adicional $2 \times 4 + 1$, sendo 2= duas formas de utilização de gergelim (integral e torta); quatro proporções de gergelim (5%, 10%, 15% e 20%) e uma testemunha (0% de gergelim); fixando-se a quantidade de arroz e farinha desengordurada de soja (FDS) (50% de proteína do FDS : 50% de proteína do arroz), obtendo, assim, nove tratamentos com a realização de três repetições cada. Foi feita a análise de variância, adaptando-se 5% como nível de significância.

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 agrupar as médias das formas de adição de gergelim, e regressão para as proporções de adição de gergelim, por meio do programa SISVAR.

resultados e discussão

Índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA)

Os resultados obtidos nos diferentes tratamentos para o ISA, evidenciou uma variação de 10,56% a 11,08% de gergelim integral, e de 8,42% a 5,22% para torta de gergelim, nas adições de 5% e 20%. Considerando o valor de ISA, obtido na farinha de arroz crua (1,47%), observou-se aumento da solubilidade com o emprego da extrusão, em que se obtiveram 14,61%, empregando-se arroz e FDS e uma diminuição deste com aumento do teor de grão integral e torta de gergelim nas condições testadas.

Por meio da análise de variância, verificou-se que o efeito do tratamento adicional e a fonte de variação substrato (gergelim integral e torta de gergelim) obtiveram efeito significativo sobre a variável ISA dos produtos obtidos. A adição de gergelim, na forma de grão integral ou torta, influenciou a variável assim como o aumento de suas doses. O substrato, contendo gergelim integral, obteve médias maiores em relação ao substrato com torta de gergelim.

Contatou-se que os maiores valores para o ISA foram obtidos pelo *snack* de arroz e soja (14,61), em virtude da formação de compostos de baixa massa molar, provenientes da alta degradação das moléculas de amido durante o processamento (Colonna et al., 1984). Nota-se, também que, com a adição de gergelim, observou-se uma redução desta variável.

Os valores de ISA, para as farinhas contendo torta de gergelim, diminuíram, conforme o seu aumento. As formulações com maior adição de torta reduziram a quantidade de amido disponível para sofrer os processos de gelatinização e de dextrinização no sistema, uma vez que a TG é destituída de amido. Dessa forma, os valores do ISA, obtidos para as farinhas contendo 20% de TG, foram menores, em razão de alguns componentes químicos das matérias-primas empregadas, como proteína e fibra, em quantidades não adequadas, obtendo efeito inverso, diminuindo a solubilidade dos produtos extrudados, por causa da interação destes com o amido.

Entretanto, os valores de ISA, para as farinhas contendo gergelim integral, foram crescendo, conforme a elevação do teor de gergelim integral. Este resultado não era esperado, uma vez que o aumento do teor de gergelim integral contribui para redução do processo de rompimento dos grânulos de amido e possível aumento do complexo com amilose, que reduziria os valores de ISA. Colonna et al. (1984) relataram que a alta dispersão das moléculas de amilose e amilopectina, decorrente da gelatinização do amido, ocasionou menor degradação do produto. Uma provável explicação para este resultado poderia ser atribuída à presença de lipídeos nas amostras analisadas os quais alteraram os resultados da análise de ISA, uma vez que esta análise deveria ter sido feita com o material seco e desengordurado.

Os resultados confrontados do IAA das farinhas expandidos de arroz e soja com os demais demonstram que o contraste com o tratamento adicional (arroz e soja) não foi significativo, ou seja, a adição de gergelim na forma de grão integral ou torta, assim como o aumento de suas doses não influenciou a variável. Portanto, o índice de absorção não é influenciado pela adição ou não GI e TG nas farinhas contendo arroz e

soja. As fontes de variação substrato (gergelim integral e torta de gergelim) e quantidades adicionadas (dose) foram significativas e a TG (5,36 41g de gel/g de matéria seca) apresentou maior média que a GI (6,4741 g de gel/g de matéria seca), e o melhor modelo estimado foi o Modelo linear.

O índice de absorção de água das farinhas de arroz e soja foi 6,41g de gel/g de matéria seca, valor este superior ao observado por Silva et al. (2009) na farinha de arroz crua (2,36 g de gel/g de matéria seca). Segundo Cardoso (1993), o amido gelatinizado absorve mais água que o amido em seu estado natural, e as proteínas, em razão das mudanças em sua estrutura, como a alteração do balanço hidrofílico-hidrofóbico, dentre outros fatores provocados pela extrusão, podem contribuir para aumentar ou diminuir o IAA.

Para as farinhas extrudadas contendo gergelim, os tratamentos com grão integral apresentaram valores entre 5,97 a 4,27g de gel/g de matéria seca, para 5 e 20%, respectivamente; os expandidos com torta variaram de 6,60 a 6,12g de gel/g de matéria seca. Nota-se que os valores de IAA diminuíram com o aumento das doses tanto de gergelim integral como de torta de gergelim, e as farinhas contendo TG sofreram maiores degradações no seu conteúdo químico do que os com GI. Resultados estes semelhantes aos encontrados por Ascheri et al. (2006) que observaram a diminuição dos valores de IAA e ISA com o aumento da adição de inulina em *snacks* expandidos de arroz.

De acordo com Gomes & Aguilera (1983), as modificações da absorção de água, que ocorrem no processo de extrusão, não dependem somente de grupos hidrofílicos disponíveis que se ligam as moléculas de água, mas também à capacidade das macromoléculas de formarem gel. Wagner & Anôn (1990) relataram que existe uma hidrofobicidade na superfície de proteínas desnaturadas do isolado proteico de soja que promove a formação de uma matriz capaz de reter quantidade significativa de água em sua estrutura. A proteína totalmente desnaturada, portanto, diminui a sua capacidade de absorção, podendo ser encontrado valores baixos de IAA. Nath & Rao (1981), também constataram a existência de uma conformação da proteína que permite a sua interação com a água, porém, ressaltaram que a ligação desses sítios da proteína com outros componentes pode resultar em baixos valores de IAA. Gujsk & Khan (1991), ainda, mencionam que o IAA depende da proteína, da natureza do amido e do tipo de complexo (amido-proteína ou amido-lipídeo) formado durante o processo de extrusão.

Sugere-se que a redução do IAA nas farinhas de arroz e soja, frente à adição de gergelim e em quantidades crescentes foi, em virtude da formação do complexo amido-lipídeo para as farinhas contendo GI e do complexo amido-proteína para as farinhas contendo TG, formado durante o processo de extrusão. Esse fato impede e/ou diminui a gelatinização do amido em ambos os casos.

Desrumaux et al. (1999) estudaram a influência de adição de ácidos graxos na extrusão de cozimento dos grãos de milho e perceberam que, ao adicionarem ácidos graxos, houve uma diminuição na solubilidade e na absorção de água, que foi atribuída à formação do complexo amilose-ácidos graxos.

Existem controvérsias sobre a relação ISA e IAA. Segundo Hutton & Campbell (1977), a solubilidade e a absorção de água podem ser relacionadas, talvez, até a máxima

hidratação, além da qual, a solubilidade tende a aumentar, mas a hidratação não. Já para Cheftel et al. (1989) pode ocorrer o contrário, o IAA aumenta com a diminuição da solubilidade.

A redução dos valores de ISA e IAA, no presente estudo, pode ser atribuída à diluição da fração amilácea da formulação processada, bem como à redução do efeito da temperatura e cisalhamento sobre esta fração. Em produtos extrudados expandidos aerados, a modificação da estrutura dos grânulos de amido é determinante na expansão e, conseqüentemente, na afinidade por água. A adição de agentes hidrofóbicos na mistura processada reduziria a sua capacidade de absorver água e de solubilizar em água.

CONCLUSÃO

A adição de gergelim, na forma de grão integral ou torta, protegeu o amido contra as degradações provocadas pelo processamento de extrusão, por meio do alto teor de lipídeo e proteína, diminuindo a os valores de ISA e IAA quando comparados com a farinha extrudada somente de arroz e soja.

O elevado teor de lipídeo, presente no gergelim integral, foi prejudicial ao desenvolvimento de farinhas instantâneas, assim como o elevado teor de proteína e teor residual de óleo ainda presente na torta. Assim, sugere-se uma otimização do processamento de extração de óleo do gergelim integral, para uma melhor utilização do resíduo pelo processo de extrusão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOISSA ÓLEOS VEGETAIS. **Gergelim**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.aboissa.com.br/gergelim/index.htm>>. Acesso em: 12 dez. 2009.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN JUNIOR, E. L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, Minneapolis, v.14, n. 1, p. 4-12, Jan. 1969.
- ARAÚJO, J. M. A.; CARLOS, J. C. S.; SEDYAMA, C. S. Isoflavonas em grãos de soja: importância da atividade de β -glicosidase na formação do sabor amargo e adstringente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 17, n. 2, p. 137-141, maio 1997.
- ASCHERI, D. P. R.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Caracterização da farinha de bagaço de jaboticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n.4, p. 897-905, out./dez. 2006.
- BRODY, T. **Nutritional biochemistry**. London: Academic, 1994. 658p.

- BELTRÃO, N. E. de M.; FREIRE, E. C.; LIMA, E. F. **Gergelimcultura no trópico semi-árido nordestino**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1994. (Circular Técnica, 18).
- CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias**. Zaragoza: Acríbia, 1989. 346p.
- COLONNA, P.; DOUBLIER, J. L.; MELCION, J. P.; MONREDON, F.; MERCIER, C. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. I. physical and macromolecular modifications. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 61, n. 6, p. 538-543, Nov./Dec. 1984.
- DESRUMAUX, A.; BOUVIER, J. M.; BURRI, J. Effect of free fatty acids addition on corn grits extrusion cooking. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 5, p.699-704, Sept./Oct. 1999.
- GUJSKA, E.; KHAN, K. Functional properties of extrudates from high starch fractions of navy and pinto beans and corn meal blended with legume high protein fractions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 2, p. 431-435, Mar. 1991.
- HUTTON, C. W.; CAMPBELL, A. M. Functional properties of a soy concentrate and a soy isolate in simple systems; nitrogen solubility index and water absorption. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 42, n. 2, p. 454-456, Mar. 1977.
- JARQUIN, R.; NORIEGA, P.; BRESSANI, R. Enriquecimiento de harinas de trigo, blanca e integral, con suplementos de origen animal y vegetal **Archivo Latinoamericano Nutrition**, Caracas, v. 16, p. 89-103, 1966.
- LAUNAY, B.; KONE, T. Twin-screw extrusion-cooking of corn starch: flour properties of starch pastes. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 2, n. 4, p. 259-280, 1983.
- NATH, J. P.; RAO, M. S. N. Functional properties of guar proteins. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 46, n. 1, p. 240-245, Jan. 1981.
- SINGH, B.; SEKHON, K. S.; SINGH, N. Effects of moisture, temperature and level of pea grits on extrusion behavior and product characteristics of rice. **Food Chemistry**, London, v. 100, n. 1, p. 198-202, 2007.
- SILVA, L. C. **Cultura do gergelim**. Campina Grande: Embrapa/CNPA, 1993. 15p.
- WAGNER, J. R.; ANON, M. C. Influence of denaturation, hydrophobicity and sulfhydryl content on solubility and water absorbing capacity of soy protein isolates. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 3, p. 765-770, May 1990.