

COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA

IRRADIAÇÃO EM BARRAS DE CEREAIS INCORPORADAS COM CASCA DE ABACAXI¹

Adriana Régia Marques Souza², Yasmini Portes Abraham Silva², Naiane Vieira Costa²,
Thatyana Lacerda Almeida², Valter Arthur³, Moacir Evandro Lage⁴, Eduardo Ramirez Asquieri⁵, Clarissa Damiani²

ABSTRACT

IRRADIATION ON CEREAL BARS
INCORPORATED WITH PINEAPPLE SKIN

One of the major current concerns to the food industry is the management of residues generated in its production processes. Thus, several studies have been developed, seeking alternative uses for these residues, in order to minimize environmental impacts and add value to products previously discarded. Combining this idea with the increasingly search for healthy and practical products, by consumers, this study aimed the characterization of cereal bars irradiated with doses of 0 kGy, 1 kGy, and 2 kGy, incorporated with dried pineapple skin. The following analyses were carried out: moisture, proteins, lipids, ashes, carbohydrates, energetic value, antioxidant potential, phenolic content, organic acids, and fatty acids profile. The results observed for the centesimal composition did not vary as a function of the radiation doses used, reducing only the levels of antioxidants, phenolic compounds, and organic acids. The product showed potential for becoming an effective way of reusing a food industry residue and the irradiation interfered on the nutritional characteristics of the final product.

KEY-WORDS: Residue utilization; radiation; centesimal composition.

Uma das grandes preocupações atuais, na indústria alimentícia, é a gestão adequada dos resíduos gerados em processos industriais, ou mesmo a minimização destes resíduos, haja vista seu potencial para utilização na alimentação, humana ou animal, devido ao seu alto valor nutritivo. Vários autores têm investigado a viabilidade da utilização de coprodutos e resíduos de agroindústrias na alimentação humana (Oliveira et al. 2002, Damiani et al. 2011). Costa et al. (2005) desenvolveram uma barra de cereal à base

RESUMO

Uma das grandes preocupações para a indústria alimentícia é a gestão dos resíduos gerados em seus processos produtivos. Assim, diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos, buscando usos alternativos para estes resíduos, como forma de minimização dos impactos ambientais e agregação de valor a produtos antes descartados. Aliando esta ideia à busca cada vez maior, por parte dos consumidores, por produtos saudáveis e práticos, objetivou-se, neste trabalho, a caracterização de barras de cereais irradiadas nas doses de 0 kGy, 1 kGy e 2 kGy, incorporadas com casca de abacaxi desidratada. Foram realizadas as seguintes análises: umidade, proteínas, lipídeos, cinzas, carboidratos, valor energético, potencial antioxidante, teor de fenólicos, ácidos orgânicos e perfil de ácidos graxos. Os resultados encontrados para a composição centesimal não variaram em função das doses de radiação utilizadas, reduzindo apenas os teores de antioxidantes, fenólicos e ácidos orgânicos. O produto desenvolvido mostrou potencial para se tornar uma forma eficaz de reaproveitamento de um resíduo da indústria alimentícia e a irradiação interferiu nas características nutricionais do produto final.

PALAVRAS-CHAVE: Aproveitamento de resíduos; radiação; composição centesimal.

de resíduo da fabricação de farinha de mandioca, salientando que o desenvolvimento deste alimento possibilita o reaproveitamento de um resíduo subutilizado.

Em paralelo à preocupação com a utilização de resíduos agroindustriais, diversas técnicas, visando a manter a qualidade e aumentar a vida útil de frutos, e diversos produtos alimentícios vêm sendo pesquisados. A radiação ionizante, quando aplicada em doses baixas, tem se mostrado um método efetivo,

1. Trabalho recebido em jun./2010 e aceito para publicação em out./2011 (nº registro: PAT 10040/ DOI: 10.5216/pat.v41i4.10040).

2. Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, GO, Brasil. *E-mails:* drilavras@yahoo.com.br, yasmibipas@hotmail.com, naiane@hotmail.com, thototy@gmail.com, damianiclarissa@hotmail.com.

3. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Laboratório de Radioentomologia e Irradiação de Alimentos, Piracicaba, SP, Brasil. *E-mail:* arthur@cena.usp.br.

4. Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária, Goiânia, GO, Brasil. *E-mail:* moacir@cpa.vet.ufg.br.

5. Universidade Federal de Goiás, Escola de Farmácia, Goiânia, GO, Brasil. *E-mail:* asquieri@gmail.com.

entretanto, como em qualquer outro tratamento com o intuito de se conseguir melhor manutenção da qualidade, é necessário que a dose aplicada não venha a prejudicar as principais características de qualidade do alimento, pois o emprego do processo da irradiação causa alterações nas propriedades físicas e químicas dos produtos e, desta forma, é importante o conhecimento das variações ocasionadas pelo processo, para que suas características essenciais sejam mantidas (Silva et al. 2008).

Considerando-se o aproveitamento de resíduos produzidos na industrialização de frutas, este trabalho objetivou avaliar a utilização da casca de abacaxi como ingrediente em barra de cereal submetida ao processo de irradiação.

Para produção das barras de cereais, as cascas de abacaxi foram trituradas em liquidificador industrial, sem adição de água, até obtenção de um líquido homogêneo. O suco foi, então, filtrado, para separar a parte líquida da parte sólida. Posteriormente, a parte líquida foi descartada e a sólida seca em estufa, a 60°C, por 6 horas. Após a secagem, o resíduo sólido foi moído e o pó utilizado como ingrediente na elaboração das barras de cereais.

As barras de cereais com casca de abacaxi seguiram a seguinte formulação: casca de abacaxi desidratada (20,5%), granola (18%), aveia (9%), lecitina de soja (8%), glicose de milho (35%), gordura vegetal (8%), canela (1%) e sal (0,5%). Após a produção das barras, as mesmas foram acondicionadas em embalagens de polipropileno de 20 g e separadas em três lotes, de acordo com a dose de radiação a ser recebida.

As amostras foram enviadas ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), e, em irradiador com fonte de ^{60}Co (atividade de 0,6 kGy h⁻¹), foram submetidas a doses de 0 kGy (controle sem radiação), 1 kGy e 2 kGy.

A determinação da composição centesimal foi realizada conforme metodologia descrita por Brasil (2005) e os carboidratos determinados por diferença, conforme sugerido pela FAO (2003).

O valor energético (kcal 100 g⁻¹) foi calculado com o auxílio da fórmula $E = 4 * C + 4 * P + 9 * L$, a partir dos teores de carboidratos (C), proteínas (P) e lipídeos (L) (Brasil 2003).

A dosagem da atividade antioxidante foi realizada pelo método fotocolorimétrico (*in vitro*) de sequestro do radical livre estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazila), a 517 nm, conforme des-

crito por Roesler et al. (2007). O teor de fenóis totais foi avaliado segundo Genovese et al. (2003) e Zieliski & Kozowaska (2000), com o reagente de Folin-Ciocalteu.

Os ácidos orgânicos foram extraídos de acordo com o método proposto por Bazimarajenga et al. (1995), modificado por Silva et al. (2001), e a identificação e quantificação por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).

Cada tratamento (controle, 1 kGy e 2 kGy) foi composto por 3 lotes de 20 embalagens de barras individuais, de 20 g cada. Todas as análises foram realizadas em quadruplicata. Os resultados das análises de cada um dos lotes foram submetidos a análise de variância e, quando significativos a 5%, foi aplicada a análise de regressão.

A casca de abacaxi desidratada foi utilizada satisfatoriamente como ingrediente, para a produção da barra de cereal. A composição centesimal e o valor energético não diferiram ($p > 0,05$) entre os três níveis de irradiação testados (Tabela 1).

Paiva (2008) usou resíduo de abacaxi (12%) e outros resíduos, para a produção de barras alimentícias, em 5 formulações diferentes. Os teores encontrados foram os seguintes: umidade: 9,44-11,70%; proteína: 8,12-12,43%; lipídeos: 6,72-9,98%; cinzas: 1,11-1,63%; valor energético: 312,48-344,96%.

Os teores de umidade, cinzas, lipídeos e valor energético encontrados no presente trabalho foram superiores aos observados por Paiva (2008), devido a variações na quantidade de ingredientes utilizados na formulação, além de a matéria-prima (casca de abacaxi) ser proveniente de locais diferentes, o que confere à composição centesimal valores diferenciados.

O incremento da umidade e do teor de cinzas se justifica pela variação na quantidade de casca de

Tabela 1. Composição centesimal e valor energético das barras de cereais incorporadas com casca de abacaxi desidratada, submetidas a irradiação (Goiânia, GO, 2010).

Característica	Resultado (%)
Umidade	12,63* ± 0,0017
Cinzas	2,30 ± 0,0011
Proteínas	4,05 ± 0,1423
Lipídeos	15,64 ± 0,4727
Carboidratos	65,17 ± 0,2050
Valor energético (kcal 100g ⁻¹)	418,47

* Resultados expressos pela média de todos os tratamentos (controle, 1 kGy e 2 kGy), pois não houve diferença estatística entre as doses estudadas.

abacaxi (20,5%) e o aumento nos teores de lipídeos e valor energético devem-se à maior quantidade de gordura vegetal empregada na barra de cereal incorporada com casca de abacaxi. Independentemente destas variações, o teor de umidade dos diferentes tratamentos apresentou-se dentro dos limites aceitáveis, segundo a Resolução Federal nº 12, para cereais e derivados, não ultrapassando 15% (Brasil 1978). A quantidade de carboidratos encontrada nas barras de cereais foi menor, quando comparada à quantidade de carboidratos encontrada por Costa et al. (2005), que foi de 81,1%, fato explicado pela diferença na formulação do produto.

Com relação ao poder antioxidante, percebeu-se que a descoloração do DPPH (Figura 1) foi maior no tratamento submetido ao maior nível de radiação (37,36%), seguida pela dose controle (35,52%) e pela dose de 1 kGy (28,48%). O mesmo comportamento pôde ser verificado no extrato aquoso, ou seja, 22,19%, 10,06% e 9,76%, para as doses 2 kGy, 0 kGy e 1 kGy, respectivamente. Este comportamento deve-se à ionização provocada pela irradiação, formando radicais livres que reagiram com o oxidante DPPH (Desroiser & Rosenstock 1960). Nos extratos alcoólico e etéreo, verificou-se que a irradiação interferiu

inversamente no potencial antioxidante, portanto, quanto maior a dose estudada, menor a capacidade de as substâncias antioxidantes presentes na barra de cereais descolorirem o reagente DPPH.

Verificou-se, também, que, quanto maior a dose de radiação aplicada ao produto, maior a possibilidade de oxidação dos lipídeos presentes no mesmo, afetando, possivelmente, as substâncias lipídicas antioxidantes inseridas no extrato etéreo. As principais alterações da irradiação, na fração lipídica, foram a formação de peróxidos e de componentes voláteis, que são os principais responsáveis pela rancidez e *off-flavors*, em alimentos irradiados (Brewer 2009). Entretanto, para que ocorra a degradação lipídica, as doses de radiação devem ser bem altas (Merrit 1972).

Segundo a legislação (Brasil 2003), não se exige teor mínimo de antioxidantes no produto, entretanto, qualquer quantidade do mesmo já se torna satisfatória, do ponto de vista nutricional. Em vista disto, pode-se demonstrar que o conjunto de ingredientes traz benefícios ao consumidor, enriquecendo sua dieta com antioxidantes que combatem o efeito oxidativo e deletério dos radicais livres.

A irradiação interferiu, também, nos teores de fenólicos (Figura 2), já que, quanto maior a dose de

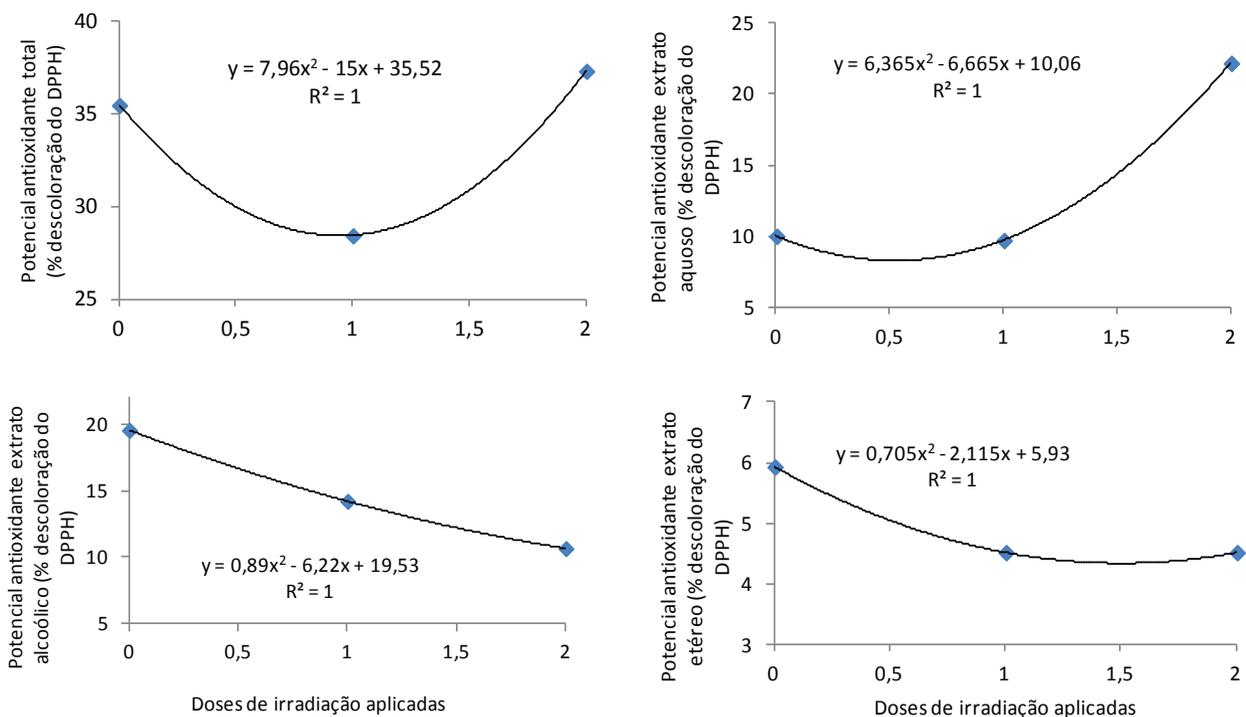


Figura 1. Potencial antioxidante (descoloração de DPPH) nas barras de cereais incorporadas com casca de abacaxi desidratada, submetidas a diferentes doses de radiação (Goiânia, GO, 2010).

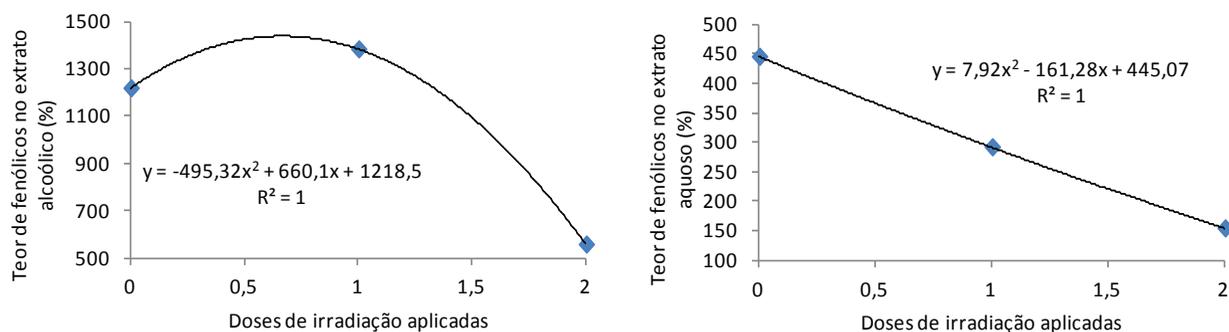


Figura 2. Teor de fenólicos dos diferentes extratos das barras de cereais incorporadas com casca de abacaxi desidratada, submetidas a diferentes doses de radiação (Goiânia, GO, 2010).

radiação, menor a quantidade de fenólicos presentes na amostra, sendo isto um possível fator de redução na capacidade antioxidante, devido ao fato de os fenólicos serem uma das classes com efeito antioxidante comprovado.

Dentre os ácidos orgânicos pesquisados (acético, cítrico, málico, tartárico e ascórbico), foram detectados apenas baixos níveis de ácido acético, málico e cítrico (Figura 3). Os teores de ácido acético e cítrico apresentaram a mesma tendência de redução, com o aumento do nível de irradiação aplicada. O ácido málico apresentou maiores teores, em função do aumento da dose de radiação, evidenciando que o processo interfere no teor deste ácido orgânico. Os

ácidos carboxílicos têm propriedades organolépticas importantes, e variações nos teores destes compostos implicam em alteração significativa no sabor e odor do produto. A maior dose de radiação estudada (2 kGy) acarretou em decréscimo destes teores, indicando possível redução do *flavor* da barra de cereal com casca de abacaxi.

A utilização da casca de abacaxi na elaboração de barra de cereais mostrou-se tecnologicamente viável e o emprego da irradiação, em doses de até 1 KGy, não alterou as características nutricionais do produto final.

REFERÊNCIAS

BAZIMARAJENGA, B.; SIMARD, R. R.; LEUROX, G. D. Determination of organic acids in oil extracts by ion chromatography. *Soil Boilogy and Biochemistry*, Elmsford, v. 27, n. 4/5, p. 349-356, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). *Resolução CNNPA n° 12, de 24 de julho de 1978*. Aprova normas técnicas especiais de

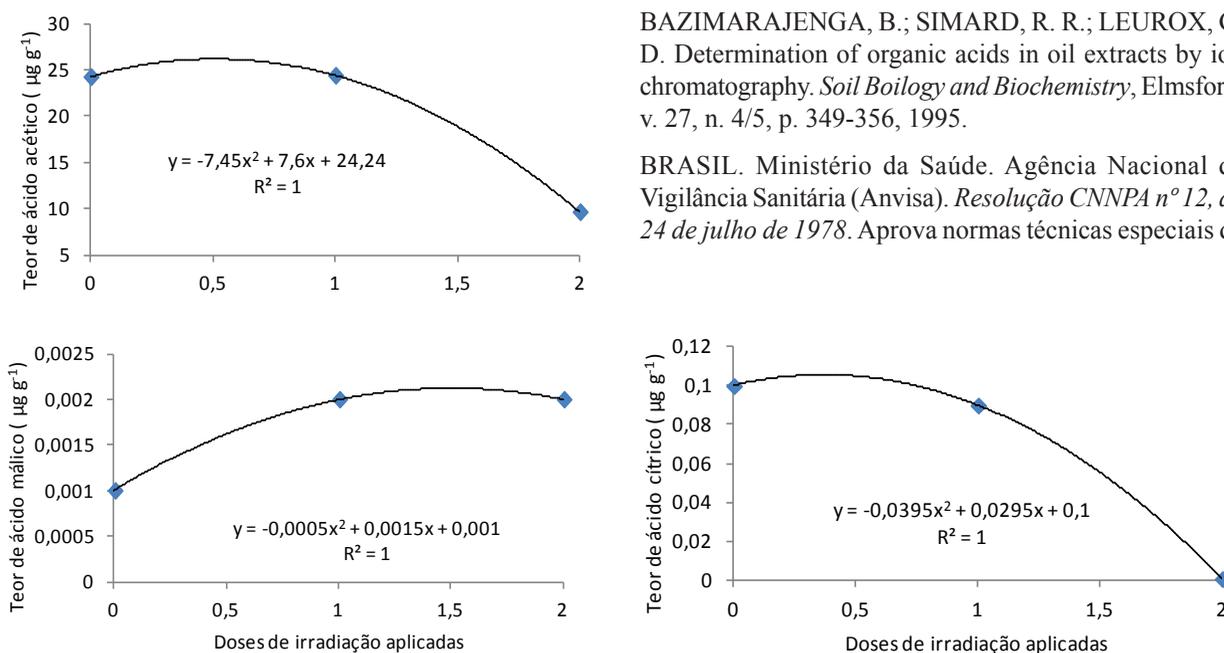


Figura 3. Perfil de ácidos orgânicos nas barras de cereais incorporadas com casca de abacaxi desidratada, submetidas a diferentes doses de radiação (Goiânia, GO, 2010).

cereais e derivados. 1978. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_cereais.htm>. Acesso em: 12 abr. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). *Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003*. Aprova regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. 2003. Disponível em: < <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059>>. Acesso em: 12 abr. 2010.

BRASIL. *Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. São Paulo: IMESP, 2005.

BREWER, M. S. Irradiation effects on meat flavor: a review. *Meat Science*, Oxon, v. 81, n. 1, p. 1-14, 2009.

COSTA, L. A. et al. Desenvolvimento de alimento em barra à base de resíduo da fabricação de farinha de mandioca. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara, v. 16, n. 4, p. 389-396, 2005.

DAMIANI, C. et al. Doces de corte formulados com casca de manga. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 360-360, 2011.

DESROISER, N. W.; ROSENSTOCK, H. M. *Radiation technology in food, agriculture, biology*. Westport: Avi Pub. Co., 1960.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *Food energy: methods of analysis and conversion factors*. Rome: FAO, 2003. (Food and nutrition paper, 77).

GENOVESE, M. I. et al. Determinação do conteúdo de fenólicos totais em frutas. *Ciências Farmacêuticas*, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 167-169, 2003.

MERRIT, C. J. Qualitative and quantitative aspects of trace volatile components in irradiated foods and foods substances. *Radiations Research Review*, Natick, v. 3, n. 1, p. 353-368, 1972.

OLIVEIRA, L. F. et al. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*) para produção de doce em calda. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 33, n. 3, p. 259-262, 2002.

PAIVA, A. P. *Estudos tecnológico, químico, físico-químico e sensorial de barras alimentícias elaboradas com subprodutos e resíduos agroindustriais*. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do Cerrado. *Ciência e Tecnologia Alimentos*, Campinas, v. 27, n. 1, p. 787-792, 2007.

SILVA, I. R. et al. Differential aluminum tolerance in soybean: an evaluation of the role of organic acids. *Plant Physiology*, Rockville, v. 112, n. 2, p. 200-210, 2001.

SILVA, J. M.; SILVA, J. P.; SPOTO, M. H. F. Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método de conservação pós-colheita. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28, n. 1, p. 139-145, 2008.

ZIELISKI, H.; KOZOWSKA, H. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, Washington, DC, v. 48, n. 6, p. 2008-2016, 2000.