

Desenvolvimento de Cereal Matinal sem Glúten e com Adição da Microalga *Spirulina Platensis*

Elaine S. P. Barbosa, Patrícia L. D. Moura, Karolline F. Siqueira,
Adriana A. Carvalho & Flávia I. R. O. Araújo

Com a finalidade de aumentar o conteúdo nutricional dos cereais extrusados, adicionou-se a microalga *Spirulina platensis* seca e cereais como fonte de proteínas. O objetivo deste trabalho foi desenvolver formulação de cereal matinal por extrusão termoplástica utilizando-se farinhas sem glúten e microalga *Spirulina*. Elaborou-se uma formulação de cereal extrusado com adição de 5% de *Spirulina* seca submetido à mistura de aromatização com sacarose, cloreto de sódio e edulcorante. Na avaliação de aceitabilidade, apresentou média entre os escores “gostei ligeiramente” e “nem gostei/nem desgostei”. E, na avaliação de intenção de compras, o cereal extrusado doce obteve maior aceitação.

Palavras chave: *novo produto; extrusão; sensorial.*

In order to increase the nutritional content of the extruded cereals were added microalgae *Spirulina platensis* dried and cereals as a source of protein. The aim of this study was to develop formulation breakfast cereal by extrusion cooking using flours without gluten and *Spirulina*. It developed a cereal formulation extruded with addition of 5% *Spirulina* subjected to dry mixing flavoring with sucrose, sodium chloride and sweetener. Acceptability evaluation showed an average of the scores “like slightly” and “not liked / or disliked.” And in evaluating purchasing intention sweet extruded cereal obtained greater acceptance.

Keywords: *new product; extrusion; sensory.*

Introdução

A doença celíaca (DC) é uma intolerância permanente, tendo como proteínas deletérias as gliadinas do trigo e as prolaminas do centeio (secalinas) e da cevada (hordeínas)^{1,2}. A reação à ingestão de glúten pelos portadores da doença celíaca é a inflamação do intestino delgado, levando à má absorção de vários nutrientes importantes, incluindo ferro, ácido fólico, cálcio e vitaminas lipossolúveis^{3,4}. O único tratamento eficaz para a doença celíaca é a estrita adesão à dieta isenta de glúten durante toda a vida do paciente, que resultará em recuperação clínica e das mucosas intestinais⁵.

A dificuldade de se manter uma alimentação isenta de glúten pode ser atribuída principalmente à falta de alimentos alternativos sem glúten, já prontos, no mercado brasileiro⁶. Acelbra (2015)⁷ informa que o produto sem glúten que os celíacos desejariam encontrar mais facilmente é o pão (47%), seguido de bolachas e biscoitos (21%), macarrão (21%) e pizza (11%). Na produção de pão comum, glúten de trigo é o ingrediente-chave responsável pela retenção dos gases de fermentação de leveduras e faz o pão crescer. Ao fazer pão sem glúten, este é substituído por uma pasta de amido.

Pelo fato de que produtos sem glúten geralmente não são enriquecidos/fortificados e frequentemente são feitos de farinha refinada, amido ou fécula, estes podem não conter os mesmos níveis de nutrientes que os produtos originais com substituição do glúten⁸. A dieta baseada em produtos sem glúten é, muitas vezes, caracterizada por um baixo teor de alguns componentes nutricionais, como proteínas e componentes minerais, bem como componentes não nutricionais, mas fisiologicamente importantes, como fibra dietética⁹.

Muitos estudos têm sido desenvolvidos para obtenção de proteínas, por meio de micro-organismos com propósito alimentício. Várias espécies de microalgas são cultivadas comercialmente em alguns países e a biomassa produzida tem sido utilizada como fonte de produtos para aplicação na indústria de alimentos¹⁰. Segundo Pulz e Gross (2004)¹¹, o mercado de alimentos funcionais, utilizando microalgas em massas, pães, iogurtes e bebidas, apresenta rápido desenvolvimento em vários países, como França, Estados Unidos, China e Tailândia.

A *Spirulina* também é considerada uma das fontes mais ricas de provitamina A (beta-caroteno) e de ferro

absorvível, além de apresentar altos níveis de vitaminas e outros minerais, compostos fenólicos, ficocianina, ácido gama-linolênico e outros ácidos graxos essenciais^{12,13}. O conteúdo proteico da *Spirulina* atinge 60-70% do seu peso seco. Estas proteínas apresentam excelente qualidade com um índice balanceado de aminoácidos essenciais. As proteínas presentes possuem digestibilidade de 70%. Entre os aminoácidos não essenciais presentes na *Spirulina* estão: alanina, arginina, ácido aspártico, cistina, ácido glutâmico, glicina, histidina, prolina, serina e tirosina. Entre os aminoácidos essenciais, estão a isoleucina, a leucina, a lisina, a metionina, a fenilalanina, a treonina e a valina. A fim de suprir as necessidades diárias de aminoácidos essenciais requeridas por um adulto saudável, seria necessário o consumo de 25 g/dia de *Spirulina* spp.^{12,14}.

A ação da *Spirulina* foi comprovada em pesquisas experimentais “*in vivo*” e “*in vitro*”, verificando-se: seu efeito protetor na indução do estresse oxidativo e hepatotoxicidade por Cádmio em ratos¹⁵; auxílio na remoção de chumbo existente em águas residuais¹⁶; inibição do crescimento de Células do Carcinoma de Ascite de Ehrlich (EACC), pela ficocianina, atuando como agente quimiosupressor¹⁷, ação hipocolesterolêmica¹⁸, propriedade antidiabética, aumentando a atividade da hexoquinase e diminuindo a atividade da glicose-6-fosfatas¹⁹; manutenção do equilíbrio do sistema imunológico, além de aumentar os lactobacilos intestinais, reduzir as nefrotoxicidades provocadas por metais pesados e drogas²⁰; proteção contra a radiação ultravioleta; atividade antioxidante^{21,22}; e redução da obesidade pelo aumento da atividade da lipase lipoprotéica (LPL) e pelo efeito da proteína na saciedade que devido à elevação do nível de aminoácidos plasmáticos, observada após a ingestão de proteínas, estimula a liberação de hormônios anorexígenos e insulina, os quais irão atuar sobre o centro da saciedade, resultando na redução do apetite^{23,24,25}.

As principais exigências para que os micro-organismos possam ser usados em alimentação humana são: composição adequada, em relação à concentração e qualidade dos nutrientes; ausência de substâncias tóxicas e/ou alérgicas e palatabilidade. A *Spirulina* tem sido utilizada para o enriquecimento proteico de alimentos e a elaboração de novos produtos²⁶. Os alimentos funcionais

são a nova tendência do poderoso mercado alimentício. Novos produtos são demandados e desenvolvidos para atenderem a segmentos específicos de mercado, para incorporarem tecnologias diversas, integrarem-se a outros produtos e usos e se adequarem a novos padrões e restrições legais²⁷.

O processo de extrusão termoplástica, uma técnica de processamento de alimentos caracterizada por sua versatilidade, tem proporcionado numerosas aplicações e começou a ser utilizada industrialmente com maior intensidade há pouco mais de duas décadas, a partir da década de 1990. Consiste em um processo térmico de curta duração que ocorre a temperaturas elevadas, em que materiais amiláceos e/ou proteicos umedecidos são plasticizados e cozidos pela combinação de umidade, pressão, temperatura e cisalhamento mecânico, reestruturando as matérias-primas para criar novas formas e texturas, podendo melhorar as propriedades sensoriais, assim como a digestibilidade do material a ser extrusado²⁸.

A extrusão permite ainda a obtenção de um efeito nutricional benéfico no produto, uma vez que viabiliza a mistura de diferentes matérias-primas e outros nutrientes. Essa técnica permite maior facilidade na produção de misturas alimentícias, destinadas ao consumo humano, produzindo uma variedade de produtos²⁹.

O desenvolvimento de novos produtos é essencial para o mercado de alimentos, uma vez que os consumidores são exigentes e almejam por inovações constantes. Um dos campos da alimentação que apresenta elevado crescimento é aquele dos produtos que trazem algum benefício para saúde, associando o consumo de alimentos a hábitos de vida saudável³⁰. Contudo, independentemente do valor nutricional do alimento, o consumidor espera que os alimentos sejam saborosos e atendam às suas expectativas. A determinação da aceitação pelo consumidor é parte crucial no processo de desenvolvimento ou melhoramento de produtos. Os testes de aceitação ou afetivos podem ser empregados para avaliar a aceitação de produtos no início de seu desenvolvimento ou quando ocorre alteração na formulação, modificação nos processos, materiais, embalagens condições de estocagem ou no tempo de conservação dos alimentos³¹.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver formulação de cereal matinal por extrusão termoplástica utilizando-se farinhas sem glúten e microalga *Spirulina platensis*.

Material e Métodos

PROCESSAMENTO DOS CEREAIS MATINAIS

A *Spirulina platensis* foi adquirida em uma fazenda de microalgas, empresa Brasil Vital, localizada na zona rural de Anápolis-GO. A legislação RDC/ANVISA nº 16/1999 recomenda o consumo diário do produto não deve resultar na ingestão de *Spirulina* acima de 1,6 g.

Na formulação dos cereais extrusados, foram utilizados os seguintes ingredientes: quirera de arroz, farinha de feijão, quinoa, *Spirulina*, proteína isolada de soja, fibra isolada. O processamento foi realizado em extrusor dupla-rosca nas seguintes condições: taxa de compressão da rosca 418,8; velocidade de 1201,8Hz; temperatura de 180 °C na 3ª zona do canhão; formatação do produto com matriz circular de 1,0 cm de diâmetro.

Para obtenção dos produtos extrusados, doce e salgado, foram adicionados, após a extrusão a mistura para aromatização (doce e salgada), conforme descrito na Tabela 1. A base da formulação da mistura doce foi: óleo vegetal, cacau, aroma de cacau, aroma de avelã e água; e, para salmoura, utilizou-se cloreto de sódio. Os cereais foram desidratados em estufa com circulação de ar a 65°C por 2 horas, em seguida, resfriados à temperatura ambiente. Por fim, acondicionados em embalagens BOPP metalizado (polipropileno biorientado).

Tabela 1. Concentração do xarope e salmoura utilizado na formulação de cereais extrusados.

Amostras	Mistura de aromatização doce		Salmoura (%)
	Sacarose (%)	Sucralose (%)	
A	47	0	5
B	35	0	10
C	0	0,05	0

ANÁLISE SENSORIAL

Os testes de aceitação dos cereais matinais doces e salgado foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial do Instituto SENAI de Tecnologia e Inovação, na cidade de Goiânia-GO, utilizando-se cabines individuais, iluminadas com luz branca. O experimento foi conduzido em duas sessões sendo as amostras servidas monadicamente, em temperatura ambiente, em

copos descartáveis de 50 mL, codificando-se cada uma com números aleatórios de três dígitos.

Para as avaliações dos atributos aparência, cor, sabor, aroma e crocância dos cereais extrusados, foi utilizada a escala hedônica estruturada de 7 pontos, alocados entre “gostei muito” e “desgostei muito”³². Para o atributo intenção de compra, foi aplicada a escala estruturada de 5 pontos, na qual representava a nota máxima “certamente compraria” (5) e a nota mínima “certamente não compraria” (1).

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL DO CEREAL EXTRUSADO

A composição do cereal extrusado doce foi analisada em laboratório terceirizado credenciado pela ANVISA, adequado às normas para análise de alimentos, com emissão de laudos. As análises foram: carboidratos, proteínas, gorduras totais e fibras alimentares, em triplicata.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados estatisticamente pela análise de variância ANOVA, com média e desvio-padrão utilizando o programa Excel®.

Resultados e Discussão

De acordo com as análises laboratoriais, a composição do cereal extrusado doce foi: 62,2% de carboidratos; 7,7% de gorduras totais; 32,42% de proteínas; 8% de fibras insolúveis; 0,9% de fibras solúveis. Os valores médios e desvio-padrão, obtidos no teste de aceitação com consumidores de cereal matinal doce e salgado, podem ser observados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Os cereais extrusados doce avaliados apresentaram média acima de 4 (limite inferior de aceitação), alocada entre as categorias “gostei ligeiramente” e “não gostei/nem desgostei” (Tabela 2). Alguns consumidores associaram a cor verde e odor com “ração de peixe” ou “produto do mar”. A cor é um dos principais atributos a ser considerado em estudos com adição de microalgas. Dependendo da quantidade de adição de *Spirulina* na formulação, pode haver maior escurecimento afetando sua aparência e, conseqüentemente, ser rejeitado pelos consumidores³³. A adição de cacau e aromas foi uma alternativa para atenuar estes efeitos, mas continuou a ser pouco aceito pelos consumidores não treinados.

Tabela 2. Média dos resultados (n = 94) e desvios-padrões da aceitabilidade sensorial dos cereais extrusados doce, para os atributos: formato, cor, sabor característico, aroma, crocância e aparência global.

Amostras	Atributos					
	Formato	Cor	Sabor Característico	Aroma	Crocância	Aparência global
A	4,9 ± 1,7	4,9±1,7	5,8±1,1	5,9±1,3	6,2±1,1	5,8±1,3
B	4,3 ± 1,7	4,3±1,9	5,3±1,3	5,3±1,4	6,1±1,2	5,1±1,5
C	4,2 ± 1,7	4,1±1,6	5,1±1,5	4,9±1,5	5,6±1,4	4,9±1,4

Tabela 3. Resultados médios (n = 94) e desvio-padrão da aceitabilidade sensorial dos cereais extrusados salgado, para os atributos: formato, cor, sabor característico, aroma, crocância e aparência global.

Amostras	Atributos					
	Formato	Cor	Sabor	Aroma	Crocância	Aparência global
A	3,7 ± 1,6	3,6 ± 1,7	3,4 ± 1,6	3,8 ± 1,7	4,9 ± 1,8	3,9 ± 1,8
B	3,6 ± 1,7	3,7 ± 1,7	4,0 ± 1,7	3,8 ± 1,5	5,2 ± 1,6	4,0 ± 1,5
C	3,7 ± 1,7	3,5 ± 1,6	3,3 ± 1,7	3,7 ± 1,5	5,2 ± 1,7	3,6 ± 1,5

Todas as amostras de extrusado salgados apresentaram nota média abaixo de 4 (limite inferior de aceitação), alocada entre as categorias “não gostei/nem gostei” e “desgostei ligeiramente” (Tabela 3), o que permite afirmar que os cereais extrusados salgados são inadequados para comercialização. De acordo com as observações dos provadores, o gosto salgado realçou o gosto amargo do produto, o que pode estar relacionado com o teor de proteínas.

A Tabela 4 apresenta os resultados do teste de intenção de compra das seis amostras de cereais extrusados. Estes resultados revelaram que a atitude de compra para as amostras de cereais extrusados doce foi boa, apresentando nota média acima de 3, alocados entre “provavelmente compraria” e “talvez compraria/talvez não compraria”. Entretanto, para os cereais extrusados salgado a atitude de compra foi negativa, ou seja, os consumidores não comprariam o produto.

Conclusão

Este projeto mostrou a potencialidade do valor tecnológico da aplicação da micro alga *Spirulina platensis* como ingrediente para produtos alimentícios industrializados. Ainda há o desafio de melhorias no flavor do cereal extrusado (doce e salgado) para apresentar elevada aceitação do público e, tornar-se compatível com o mercado concorrente de cereais extrusados.

Referências

- Murray, J. A. The widening spectrum of celiac disease. *Am. J. of Clin. Nut.*, Bethesda, v. 69, n. 3, p. 354-365, **1999**.
- Becker, E. W. Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, Oxford, v. 25, n. 2, p. 207-210, **2007**.
- Feighery, C. F. Coeliac disease. *British Medical Journal*, London, v. 319, p. 236-239, **1999**.
- Kelly, C. P.; Feighery, C.; Gallagher, R. B.; Weir, D. G. The diagnosis and treatment of gluten-sensitive enteropathy. *Advanced Internal Medicine*, v. 35, p. 341-364, **2004**.
- Kotze, S. L. M. Doença celíaca. *Jornal Bras. de Gast.*, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 23-34, **2006**.
- Sdepanian, V. L.; Morais, M. B.; Fagundes-Neto, U. Doença celíaca: avaliação da obediência à dieta isenta de glúten e do conhecimento da doença pelos pacientes cadastrados na Associação dos Celíacos do Brasil (ACELBRA). *Arquivos de Gastroenterologia*, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 232-239, **2001**.
- Associação Dos Celíacos Do Brasil - Acelbra. Disponível em: <<https://www.ancelbra.org.br>>. Acesso em: 11 dez. **2015**.
- Gallagher, E.; Gormley, T. R.; Arendt, E.K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Food Science and Technology*, Oxford, v. 15, n. 3-4, p. 143-152, **2004**.
- Wronkowska, M.; Troszynska, A.; Soral-Smietana, M.; Wolejszo, A. Effects of buckwheat flour (*Fagopyrum esculentum* Moench) on the quality of gluten-free bread. *Polish J. of Food and Nut. Sci.*, Olsztyn, v. 58, n. 2, p. 211-216, **2008**.
- Derner, R. B.; Ohse, S.; Villela, M.; Carvalho, S. M.; Fett, R. Microalgas, produtos e aplicações. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1959-1967, **2006**.
- Pulz, O.; Gross, W. Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied Microbiology Biotechnology*, Heidelberg, v. 65, n. 6, p. 635-648, **2004**.
- Belay, A.; Ota, Y.; Miyakawa, K.; Shimamatsu, H. Current knowledge on potential health benefits of *Spirulina*. *Journal of Applied Phycology*, 5: 235-241, **1993**.
- Von Der Weid, D.; Dillon J. C.; Falquet, J. Malnutrition: a silent massacre. *Geneve: Antenna Technology*, 13p., **2000**.
- Henrikson R. Microalga *Spirulina*: superalimento del futuro. *Barcelona: Ediciones Urano S.A*, **1995**.
- Amin, A.; Hamza, A. A.; Daoud, S.; Hamza, W. *Spirulina* protects against cadmium-induced hepatotoxicity in rats. *Am. J. of Pharmacology and Toxicology*, v. 2, n.1, p. 21- 25, **2006**.
- Hong, C.; Shan-Shan, P. Bioremediation potential of *Spirulina*: toxicity and biosorption studies of lead. *J. of Zhejiang University Science*, v. 3, n. 6B, p. 171-174, **2005**.
- El-Baky, H. H. A. Over Production of Phycocyanin Pigment

Tabela 4 – Resultados médios (n = 94) e desvio padrão da intenção de compra dos cereais extrusados.

Amostras	Cereal extrusado	
	Doce	Salgado
A	4,3 ± 1,0	2,2 ± 1,1
B	3,7 ± 1,0	2,6 ± 1,3
C	3,4 ± 1,0	2,1 ± 1,1

- in Blue Green Alga Spirulina sp. and It's Inhibitory Effect on Growth of Ehrlich Ascites Carcinoma Cells. *Journal of Medical Sciences*, v. 4, n. 3, p. 314-324, **2003**.
18. Nagaoka, S.; Shimizu, K.; Kaneko, H.; Shibayama, F.; Morikawa, K.; Kanamaru, Y.; Otsuka, A.; Hirahashi, T.; Kato, T. A novel protein Cphycocyanin plays a crucial role in the hypocholesterolemic action of Spirulina platensis concentrate in rats. *The J. of Nutrition*, v. 135, n. 1, p. 2425-2430, **2005**.
 19. Layam, A.; Reddy, C. L. K. Antidiabetic property of Spirulina. *Diabetologia Croatica*, v. 2, n. 35, p. 29-33, **2006**.
 20. Yang, H. N.; Lee, E. H.; Kim, H. M. Spirulina platensis inhibits anaphylactic reaction. *Life Sciences*, v. 61, n. 13, p. 1237-1244, **1997**.
 21. Bierhals, V.S.; Machado, V.G.; Echevengúá, W. O.; Costa, J. A. V.; Furlong, E. B. Compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e antifúngica de multimisturas enriquecidas com a microalga Spirulina platensis. *Rev. do Inst. Adolfo Lutz*, v. 68, n. 1, p. 42-8, **2009**.
 22. Guarienti, C.; Bertolin, T. E.; Costa, J. A. V. Capacidade antioxidante da microalga Spirulina platensis em células da levedura Saccharomyces cerevisiae submetidas ao estressor paraquat. *Rev. do Inst. Adolfo Lutz*, v. 69, n. 1, **2010**.
 23. Becker, E. W.; Jakober, B.; Luft, D.; Schmillig, R. W. Clinical and biochemical evaluations of Spirulina with regard to its application in the treatment of obesity. *Nutrition Reports International*, v. 33, n. 4, p. 565-574. **1986**.
 24. Lang, V.; Bellisle, F.; Oppert, J. M.; Craplet, C.; Bornet, F. R. J.; Slama, G. Satiating effect of proteins in healthy subjects: a comparison of egg albumin, casein, gelatin, soy protein, pea protein, and wheat gluten. *The Am. J. of Clinical Nutrition*, v. 67, n. 6, p. 1197-1204. **1998**.
 25. Paiva, A. C.; Alfnas, R. C. G.; Bressan, J. Efeitos da alta ingestão diária de proteínas no metabolismo. *Rev. Bras. de Nutrição Clínica*, v. 22, n. 1, p. 83-88. **2007**.
 26. Oliveira, H. V. A.; FREITAS, L.A.P. The affect of processing factors on the efficiency of hard gelatin capsules coating in a souted bed. *Proceedings of te 14th Internacional Drying Symposim*. V. B, p. 852-859, São Paulo:**2004**.
 27. Toledo, J. C.; Silva, S. L.; Mendes, G. H. S.; Jugend, D. A gestão do processo de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica de pequeno e médio portes. *Relatório de Pesquisa FAPESP. GEPEQ/DEP/UFSCar*. São Carlos, 2005. 389p.
 28. Fellows, P. Extrusion. In: FELLOWS, P. *Food processing technology: principles and practice*. Cambridge: Woodhead Publishing, **2002**. cap.14, p.294-308.
 29. Carvalho, R.V. Formulações de snacks de terceira geração por extrusão: caracterização texturométrica e microestrutural. Lavras (MG), 89 p., 2000. *Dissertação (mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras*.
 30. Gouveia, F. Indústria de alimentos: no caminho da inovação e de novos produtos. *Inovação Uniemp*, Campinas, v. 2, n. 5, **2006**.
 31. Chaves, J. B. P.; Sproesser, R. L. Práticas de laboratório de análise sensorial de limentos. Viçosa, MG; Universidade Federal de Viçosa, **1999**, 29p.
 32. Minim, V. P. R. *Análise sensorial: estudos com consumidores*. Viçosa, MG: UFV, **2006**. 225 p.
 33. Morais, M. G.; Miranda, M. Z.; Costa, J.A.V. Biscoitos de chocolate enriquecidos com Spirulina platensis: características físicoquímicas, Sensoriais e digestibilidade. *Alim. Nutr., Araraquara* v.17, n.3, p.323-328, jul./set. **2006**.

Elaine S. P. Barbosa*,
 Patrícia L. D. Moura,
 Karolline F. Siqueira, Adriana
 A. Carvalho & Flávia I. R. O.
 Araújo

Instituto SENAI de Tecnologia em Alimentos e Bebidas,– Rua Professor Lázaro Costa nº 348, Vila Canaã, CEP: 74415-420, Goiânia, Goiás, Brasil.

*E-mail: elaine.spb@gmail.com