

## Características Físicas de Cereal Matinal elaborado por Extrusão Enriquecido de Frutooligossacarídeo

José Luis Ramírez Ascheri<sup>1</sup>  
Carlos Wanderlei Piler de Carvalho<sup>2</sup>  
Monique Soares de Araujo<sup>3</sup>

### Introdução

O uso dos alimentos como veículo de promoção do bem-estar e saúde e, ao mesmo tempo, como redutor dos riscos de algumas doenças, tem incentivado as pesquisas de novos componentes naturais e o desenvolvimento de novos ingredientes, possibilitando a inovação em produtos alimentícios e a criação de novos nichos de mercado. Atualmente, os frutooligossacarídeos (FOS) são aceitos como tendo propriedades nutracêuticas semelhantes às das fibras solúveis (MOSCATTO; PRUDÊNCIO-FERREIRA; HAULY, 2004). Os alimentos nutracêuticos ou funcionais são definidos como produtos que contêm em sua composição alguma substância biologicamente ativa, que, ao serem incluídos numa dieta, modulam processos metabólicos ou fisiológicos, resultando em benefícios à saúde. Quimicamente, FOS é o nome comum dado a oligômeros de frutose, que são compostos de 1-kestose (GF<sub>2</sub>), nistose (GF<sub>3</sub>) e

frutofuranosil nistose (GF<sub>4</sub>), em que as unidades de frutose (F) são ligadas na posição 2,1 da sacarose. Estas substâncias são chamadas de prebióticas por promover o crescimento de probióticos enquanto inibem o crescimento de bactérias putrefativas no trato intestinal. Este fato acarreta na relação inversa entre o consumo de prebióticos e a incidência de câncer de cólon. Estas substâncias estão também relacionadas a uma série de benefícios metabólicos, como a diminuição dos níveis de triglicerídeo no sangue, o aumento na absorção de minerais (como cálcio, magnésio e fósforo) e a melhoria do metabolismo de diabéticos (PASSOS; PARK, 2003). Sabe-se que a taxa glicêmica apresenta o maior pico de elevação justamente após o café da manhã e a maior parte dos cereais matinais são classificados como alimentos de elevado índice glicêmico (FAIRCHILD et al., 1996). A característica de auxiliar o metabolismo do diabético torna o cereal matinal um excelente produto para enriquecimento com FOS.

<sup>1</sup> Engenheiro de Alimentos, Doutor em Tecnologia de Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, [ascheri@ctaa.embrapa.br](mailto:ascheri@ctaa.embrapa.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência de Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro, RJ, [cwpler@ctaa.embrapa.br](mailto:cwpler@ctaa.embrapa.br)

<sup>3</sup> Engenheira de Alimentos, Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, [moniquemaster@gmail.com](mailto:moniquemaster@gmail.com)

Kamran, Saleem e Umer (2008) reportam que a maioria das organizações de saúde do mundo recomenda que os cereais matinais sigam a tendência de enriquecimento com fibras alimentares. Entretanto, apesar do apelo nutricional, alimentos funcionais não podem ser desenvolvidos simplesmente pela adição ou mistura de ingredientes apropriados. Efeitos decorrentes do processamento, bem como os atributos sensoriais que afetam a qualidade final do produto, devem ser considerados. Este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento de um cereal matinal pronto para consumo, utilizando fubá de milho adicionado de frutooligossacarídeos. Este produto é definido como uma formulação com base em um grão adequado para consumo humano sem nenhum cozimento posterior (CRUZ y CELIS; ROONEY; MCDOUNOUGH, 1996). Neste trabalho, trata-se de um produto extrusado, na forma de pellets, posteriormente laminado e assado.

## Materiais e Métodos

O material utilizado foi fubá de milho, marca GEM Alimentos, e Frutooligossacarídeos, marca Nutraflora®, produzido pela Corn Products. Amostras de extrusados foram preparadas por extrusão termoplástica utilizando misturas de frutooligossacarídeos com fubá nas proporções de 2:98 e 8:92, respectivamente, previamente acondicionadas na umidade de 33%. A formulação também continha 0,8% de cloreto de sódio e 4,0% de sacarose. As amostras foram extrusadas com umidade de 33 % num Extrusor Brabender 20 DN (Duisburg, Alemanha), de parafuso simples, com temperaturas de barril de 60°C na primeira zona, 90°C na segunda zona e 92°C na terceira zona. A matriz utilizada foi a lamina, com 1,0 mm de espessura, e o parafuso com taxa de compressão de 4:1, seguindo a metodologia descrita por Ramírez e Wanderlei (1997). A taxa de alimentação foi de 0,35 kg/h. Após a extrusão, as fitas de extrusados foram levadas a laminação em um sistema de cilindro duplo. Foram cortadas manualmente em retângulos de 1,0 cm e assadas por aproximadamente 2 minutos  $\pm$  10 segundos em estufa com temperatura de 230°C. As etapas do processo podem ser visualizados na Figura 1. O equipamento de extrusão pode ser visto na Figura 2, e o laminador utilizado, na Figura 3. Foram avaliadas as características de índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA), segundo Anderson (1982), além da densidade relativa, densidade absoluta e porosidade em picnômetro a gás Micromeritics - Accupyc II 1340 (Georgia – USA). A densidade relativa foi verificada em triplicata pela medição do volume de deslocamento de 250 ml de

semente de painço em uma proveta de 500 ml contendo 20 g de produto. A densidade absoluta foi medida em duplicata. As medições de densidade relativa e absoluta foram feitas nas amostras de pellet cru e assado para avaliação da variação de densidade durante o processo.

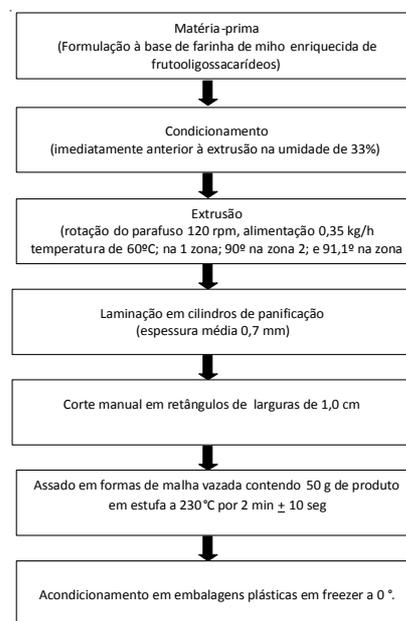


Figura 1: Fluxograma de produção do cereal matinal.



Figura 2: Processo de extrusão



Figura 3: Processo de laminação

## Resultados e Discussão

Pode-se perceber, na Tabela 1, que ocorre um aumento no valor do índice de solubilidade em água e um decréscimo do índice de absorção de água com o aumento de conteúdo de FOS. Segundo Gonçalves (2001), o ISA permite verificar quão severo foi o tratamento térmico, já que a solubilização do material extrusado em água implica na possibilidade de degradação molecular até a dextrinização do amido pelo processo térmico e esforço mecânico. A umidade também influencia, uma vez que uma maior umidade faz com que os grânulos sejam mais preservados durante a extrusão, acarretando numa maior capacidade de absorção de água. Neste caso, uma menor dextrinização acarreta um menor valor de ISA (GUTKOSKI, 1997).

Entretanto, no caso em questão, deve-se atribuir o incremento dos valores apenas à variação do teor de FOS, uma vez que os demais parâmetros são mantidos constantes. No caso de material com elevado tratamento termomecânico, onde a dextrinização é elevada, espera-se que um aumento da substituição de material amiláceo acarrete um aumento do ISA e numa diminuição do valor do IAA. A pequena diferença percebida na umidade mostrada na Tabela 1 é devido a variações no processo de secagem. Seria apropriado um estudo de textura para avaliar se este aumento de ISA leva o produto a apresentar uma pequena vida de tigela<sup>1</sup> (bowl time), que depende do grau da severidade do tratamento térmico, bem como do material utilizado. Segundo Puppala (1998), esta característica é importante para o cereal matinal, uma vez que avalia o tempo que este leva para perder a crocância quando vertido num líquido. Cereais com valores elevados de ISA tendem a ficar encharcados em curto período de tempo.

Tabela 1: Resultado de IAA\* e ISA\*\* e de umidade de farinha de amostras de extrusados laminados e assados, a partir das misturas de fubá com diferentes teores de FOS

% de FOS	IAA*	ISA**	Umidade De Farinha
2	4,92	16,36	4,65
8	4,37	22,22	4,17

IAA = Índice de absorção de água; \*\*ISA = Índice de solubilidade em água

<sup>1</sup> Vida de tigela refere-se ao tempo na qual o cereal matinal consegue ficar crocante quando submergido num recipiente com leite ou num líquido que normalmente é utilizado no café da manhã

Hauck e Huber (1989) reportaram que uma das limitações do parafuso simples é a falta de habilidade deste em manter a estabilidade do processo, acarretando em flutuações na densidade, cor e tamanho do produto final. Entretanto, conforme pode ser visto na Tabela 2, o desvio obtido na análise é bastante pequeno, demonstrando que nas condições de processamento o produto obtido foi uniforme.

Tabela 2: Resultados da caracterização de amostras extrusadas com as misturas de fubá e frutooligossacarídeos cruas e assadas

% de FOS*	Densidade Relativa (g/cm <sup>3</sup> )		Densidade Absoluta (g/cm <sup>3</sup> )		Porosidade (cm <sup>3</sup> )	
	Cru	Assado	Cru	Assado	Cru	Assado
2	0,94	0,43	1,4393	1,4065	0,3053	0,2897
Desvio	0,12	0,03	0,0001	0,0020	0,0001	0,0000
8	0,94	0,49	1,4451	1,4220	0,3080	0,2968
Desvio	0,12	0,04	0,0039	0,0035	0,0018	0,0018

\*FOS = frutooligossacarídeo

A densidade é uma forma indireta de quantificar a eficiência do processo de extrusão (RAMÍREZ; WANDERLEI, 1997), sendo reportada como inversamente proporcional à expansão (WANG; JIN; YUAN, 2007). A Tabela 2 mostra que ocorreu um aumento tanto de densidade relativa quanto de densidade absoluta em função do aumento de teor de FOS. Pode-se perceber que a variação entre as densidades dos pellets crus é bem menor que a variação observada entre os produtos assados. Isso indica que estas alterações de valor de densidade estão possivelmente relacionadas à expansão do produto. Brennan, Monro e Brennan (2008) também observaram um aumento da densidade com o incremento da adição de inulina em cereais matinais nas proporções de 5, 10 e 15% e uma elevação da expansão do produto. A elevação foi máxima na formulação de 5%, com subsequente diminuição nas formulações de 10 e 15%. No caso do presente trabalho, o aumento da porosidade entre os teores de 2 e 8% de FOS pode indicar um aumento de expansão devido a uma maior quantidade de células de ar na estrutura. Neste caso o produto, apesar de ter uma maior densidade, geralmente relacionada a uma menor expansão, apresenta uma maior expansão. Outro ponto levantado por Levine et al. (2004) é que a laminação, e não apenas a extrusão, influencia a expansão do produto. Severas condições de laminação podem expelir a maior parte do ar aprisionado na estrutura, resultando em poucos sítios de nucleação. Isto resulta, no caso dos flocos, em um cereal com poucas e grandes bolhas. Um cereal assim teria textura de qualidade deficiente. Isto mostra a importância de se realizar estudos de textura e não apenas utilizar a densidade e porosidade como indicativos de expansão. Um estudo mais detalhado de textura, mensurando a

crocância, poderia avaliar se o aumento de expansão está realmente correlacionado a uma melhora da estrutura do produto.

## Conclusões

Com relação ao produto obtido, pequenos pellets de aproximadamente 10 x 10 mm, o produto apresentou aumento do ISA com o aumento do teor de frutooligossacarídeos e uma diminuição do IAA.

Da mesma forma, apresentou aumento de densidade com o aumento do teor de frutooligossacarídeos; entretanto, apresentou um aumento de porosidade o que pode indicar uma elevação da expansão.

Em termos gerais, o produto desenvolvido poderia ser considerado como um cereal matinal de boa qualidade e nutracêutico, em consequência da adição de frutooligossacarídeos e dos benefícios que pode prover aos consumidores. Entretanto, para afirmar que é nutracêutico, é necessária a realização de ensaios biológicos.

## Referências

- ANDERSON, R. A. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. **Cereal Chemistry**, v. 59, n. 4, p. 265-269, 1982.
- BRENNAN, M. A.; MONRO, J. A.; BRENNAN, C. S. Effect of inclusion of soluble and insoluble fibers into extruded breakfast cereal products made with reverse screw configuration. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, n. 12, p. 2278-2288, 2008.
- CRUZ y CELIS, L. P.; ROONEY, L. W.; MCDOUNOUGH, C. M. A ready-to-eat breakfast cereal from food-grade sorghum. **Cereal Chemistry**, v. 73, n. 1, p. 108-114, 1996.
- FAIRCHILD, R. M.; ELLIS, P. R.; BYRNE, A. J.; LUZIO, S. D.; MIR, M. A. A new break fast cereal containing guar gum reduces postprandial plasma glucose and insulin concentrations in normal-weight human subjects. **British Journal of Nutrition**, v. 76, n. 1, p. 63-73, 1996.
- GONÇALVES, R. A. **Rendimento de cultivares de milho em grits para produção de snacks**. 2001. 54 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.
- GUTKOSKI, L. C. **Caracterização tecnológica de frações de moagem de aveia e efeito de umidade e temperatura de extrusão na sua estabilidade**. 1997. 241 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.
- HAUCK, B. W.; HUBER, G. R. Single screw vs. twin screw extrusion. **Cereal Foods World**, v. 34, n. 11, p. 930-938, 1989.
- KAMRAN, M.; SALEEM, N.; UMER, Z. N. Ready-to-eat (RTE) wheat bran breakfast cereal as a high-fiber diet. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 32, n. 5, p. 853-867, 2008.
- LEVINE, L.; CAMPANELLA, O. H.; OKOS, M. R.; ROSS, K. Observations on physicochemical changes with flaking. **Cereal Foods World**, v. 49, n. 2, p. 65-70, 2004.
- MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 634-640, out./dez. 2004.
- PASSOS, L. M. L.; PARK, Y. K. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 385-390, 2003.
- PUPPALA, V. Texture comparison of traditional and extruded cornflakes. **Cereal Foods World**, v. 43, n. 8, p. 650-652, aug. 1998.
- RAMÍREZ, J. L.; WANDERLEI, C. Efecto de los parametros de extrusion, características de pasta y textura de pellets (snacks de tercera generacion) producidos a partir de trigo y maiz. **Alimentaria**, v. 35, n. 279, p. 93-98, 1997.
- WANG, J.; JIN, Z.; YUAN, X. Preparation of resistant starch from starch-guar gum extrudates and their properties. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 20-25, 2007.

### Comunicado Técnico, 156

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Agroindústria de Alimentos**  
**Endereço:** Av. das Américas, 29.501 - Guaratiba  
23020-470 - Rio de Janeiro - RJ  
**Fone:** (0XX21) 3622-9600  
**Fax:** (0XX21) 2410-1090 / 2410-9713  
**Home Page:** <http://www.ctaa.embrapa.br>  
**E-mail:** [sac@ctaa.embrapa.br](mailto:sac@ctaa.embrapa.br)

1ª edição

1ª impressão (2009): tiragem (50 exemplares)

### Comitê de publicações

**Presidente:** *Virgínia Martins da Matta*  
**Membros:** *Marcos José de Oliveira Fonseca, Marília Penteadó Stephan, Renata Torrezan, Ronoel Luiz de O. Godoy, Nilvanete Reis Lima e André Luis do Nascimento Gomes*

**Secretária:** *Michele Belas Coutinho*

### Expediente

**Supervisor editorial:** *Comitê de Publicações*  
**Revisão de texto:** *Virgínia Martins da Matta*  
**Normatização bibliográfica:** *Luciana S. de Araújo*  
**Editoração eletrônica:** *Riane Rodrigues Tovar, Marcos Moulin, André Luis do Nascimento Gomes*