

# XXI CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO

Internacionalização da UFLA:  
oportunidades e desafios.



# ANAIIS



# XXI CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA

## 26 a 30 de Novembro de 2012

Todas as informações contidas neste trabalho, desde sua formatação até a exposição dos resultados, são de exclusiva responsabilidade dos seus autores

---

### SORO DE LEITE EM EXTRUDADOS NÃO EXPANDIDOS DIRETOS DE MILHO

ANDERSON FELICORI FERNANDES<sup>1</sup>, MARCEL GOMES PAIXÃO<sup>2</sup>, THAÍS DE MELO RAMOS<sup>3</sup>, CARLOS WANDERLEI PILLER DE CARVALHO<sup>4</sup>, JOELMA PEREIRA<sup>5</sup>

#### RESUMO

O processo de extrusão é definido como um processo contínuo, no qual ocorrem simultaneamente a mistura, o cisalhamento, o cozimento e o modelamento do alimento em questão. Objetivou-se desenvolver extrudados não expandidos diretos (*pellets*) com substituição parcial do amido de milho (*grits*), por concentrado e isolado proteico de soro de leite, e verificar o efeito desta substituição nos índices de expansão radial (IER) e densidade dos *pellets*. Para a formulação, utilizou-se a metodologia de superfície de resposta do tipo central composto rotacional de 2ª ordem, para analisar o efeito combinado das variáveis: percentagem do concentrado proteico (WPC) ou do isolado proteico (WPI) de soro (0,001 a 27,99%) e a variação de rotação do parafuso da extrusora (298,096 a 399,904 RPM), obtendo 11 tratamentos, sendo quatro fatoriais (combinações dos níveis -1 e +1), quatro axiais (uma variável no nível  $\pm \alpha$  e a outra no nível 0) e três centrais (estimativa do erro experimental e determinação da precisão do modelo matemático). Testes preliminares auxiliaram nos limites inferiores e superiores das formulações. Antes do processo de extrusão, os ingredientes foram homogeneizados e os valores de umidade final foram fixados em 12%. Após a extrusão, os *pellets* foram moídos e peneirados até o diâmetro de 1,0 mm, para proceder às análises de expansão radial e densidade. Os resultados demonstraram que o aumento dos teores de WPC diminuíram linearmente o IER ( $P < 0,05$ ). A rotação do parafuso não influenciou a expansão dos extrudados. A densidade dos *pellets* foi influenciada significativamente ( $P < 0,05$ ) pela variável WPC, sendo que a maior densidade foi obtida nas maiores concentrações de WPC, correlacionando negativamente a densidade com a expansão dos *pellets*.

*Palavras-chave: Extrusão termoplástica. Amido de Milho. Proteínas do soro. Pellets. Snacks.*

#### 1. INTRODUÇÃO

O processamento dos diferentes produtos alimentares usando a metodologia de extrusão se baseia principalmente na compressão da matéria-prima no interior do barril de extrusão, com a adição de água, os ingredientes básicos e os diferentes compostos que podem ser utilizados para o enriquecimento do produto final (DESRUMAUX et al. 1998).

Contrariamente aos produtos alimentares regulares, os ingredientes básicos que compõem o alimento extrusado podem ser derivados de várias fontes, podendo ser combinadas para conter todos os micronutrientes, sabores e cores necessários (NWABUEZE & ANORUOUH 2009).

A fabricação de *snacks* é um dos ramos de mais rápido crescimento da indústria de alimentos. Para esse tipo de alimento, não há nenhuma limitação em termos de matérias-primas básicas que podem ser usadas, dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. Os tipos mais usados de proteínas para o enriquecimento desses produtos são proteínas de soro de leite (de origem animal) e proteínas de soja (origem vegetal) (BRNČIĆ et al. 2011).

Extrudados feitos a partir de farinha de milho, produzidos utilizando o processo de rosca dupla, e enriquecidos com concentrado ou isolado de proteína de soro de leite representam alta qualidade de fonte de proteínas e gorduras. Os concentrados e isolados proteico de soro, são uma fonte valiosa de proteínas e minerais e são um dos componentes de mais alta qualidade para o enriquecimento de extrudados (BRNČIĆ et al. 2011).

---

<sup>1</sup> Doutor em Ciência dos Alimentos (DCA/UFLA), email: andersonfelicori@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestrando em Ciência dos Alimentos (DCA/UFLA), email: marcel.paixao@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Doutoranda em Ciência dos Alimentos (DCA/UFLA), email: thaisramos85@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Pesquisador Embrapa Agroindústria de Alimentos – Rio de Janeiro, email: cwpiler@ctaa.embrapa.br

<sup>5</sup> Professora associada, (DCA/UFLA), email: joper@dca.ufla.br

**XXI CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**  
**26 a 30 de Novembro de 2012**

*Todas as informações contidas neste trabalho, desde sua formatação até a exposição dos resultados, são de exclusiva responsabilidade dos seus autores*

Diante do exposto, o presente trabalho teve o objetivo de relatar os reflexos da substituição parcial de *grits* de milho por diferentes concentrações de isolado e concentrado de soro de leite no índice de expansão e na densidade dos extrudados não expandidos direto.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Delineamento experimental

Estabeleceu-se um experimento estatisticamente delineado em metodologia de superfície de resposta do tipo central composto rotacional de 2ª ordem (BOX; HUNTER; HUNTER, 1978), para analisar o efeito combinado das variáveis: percentagem do concentrado proteico de soro (WPC) ou do isolado proteico (WPI) e a variação de rotação do parafuso nas características tecnológicas dos extrudados não expandidos diretos. Assim, neste experimento foram usados 11 tratamentos, sendo quatro fatoriais (combinações dos níveis -1 e +1), quatro axiais (uma variável no nível  $\pm \alpha$  e a outra no nível 0) e três centrais, servindo como estimativa do erro experimental e determinar a precisão do modelo matemático (CROCHAN; COX, 1964).

Os valores máximos e mínimos de cada variável independente foram estabelecidos dentro das possibilidades operacionais do processo de extrusão e com base em estudos anteriores. Para análise de resultados experimentais, a metodologia descreve o comportamento de um sistema no qual estão combinadas as variáveis independentes ( $X_k$ ) e a variável dependente ou resposta ( $Y_i$ ). A resposta é uma função dos níveis nos quais estes fatores foram combinados e definidos por Box & Draper (1987).

Tanto os níveis codificados quanto os axiais (- $\alpha$ , -1, 0, +1, + $\alpha$ ) e os fatores têm seus valores reais apresentados na Tabela 1 e o delineamento completo na Tabela 2. As faixas entre o limite inferior e o superior, para cada nível, foram determinadas por testes preliminares.

Tabela 1 Níveis das variáveis independentes estudadas no processo de extrusão dos extrudados não expandidos diretos de *grits* de milho e WPC/WPI

Variáveis	Níveis				
	- $\alpha = 1,414$	-1	0	+1	+ $\alpha = 1,414$
$X_1$	0,001	4,1	14	23,9	27,99
$X_2$	298,096	313	349	385	399,904

$X_1$  = Concentrado ou isolado proteico, WPC/WPI (%)  $X_2$  = Rotação parafuso (RPM)

Tabela 2 Delineamento completo do desenho experimental dos extrudados não expandidos diretos de *grits* de milho e WPC/WPI

Tratamentos	Níveis codificados das variáveis		Níveis decodificados variáveis	
	$X_1$	$X_2$	WPC/WPI (%)	Rotação (RPM)
01	-1	-1	4,1	313
02	-1	1	4,1	385
03	1	-1	23,9	313
04	1	1	23,9	385
05	-1,4142	0	0,001	349
06	1,4142	0	27,99	349
07	0	-1,4142	14	298,096
08	0	1,4142	14	399,904
09	0	0	14	349
10	0	0	14	349
11	0	0	14	349

$X_1$  = concentrado ou isolado proteico, WPC/WPI (%),  $X_2$  = rotação parafuso, RPM

As amostras de matérias-primas foram condicionadas para os diferentes níveis de concentrado/isolado proteico de acordo com o delineamento experimental e o teor de umidade

# XXI CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA

## 26 a 30 de Novembro de 2012

Todas as informações contidas neste trabalho, desde sua formatação até a exposição dos resultados, são de exclusiva responsabilidade dos seus autores

final fixo de 12%, determinado por testes preliminares. Após a determinação da umidade inicial das matérias-primas (*grits* de milho e concentrado/isolado proteico de soro) por método de balança rápida, as mesmas foram pesadas em sacos plásticos de acordo com a formulação, e a quantidade de água adicionada foi obtida por diferença entre a umidade inicial e a umidade final fixa (12%). Após, as amostras foram homogeneizadas por 3 minutos e acondicionadas por 24 horas sob refrigeração, para se obter uma distribuição e absorção mais uniforme da água antes do processo de extrusão.

### 2.2 Processo de extrusão

Na elaboração dos extrudados não expandidos diretos foi utilizado a extrusora monorosca da marca Imbramaq, modelo RX 50 (Ribeirão Preto, SP - Brasil). Após saída da matriz, os *pellets* foram cortados por cortador acoplado ajustado à velocidade máxima.

Após a estabilização da extrusora e uniformidade na aparência dos *pellets*, estes foram levados à estufa de circulação de ar forçada a 45°C por 7 horas para se obter umidade de 5%-8% e recolhidos em sacos plásticos de polietileno impermeável para posteriores análises.

Para a realização das análises, as amostras foram trituradas em dois moinhos. Primeiramente foi utilizado o moinho de disco da marca Laboratory Mill 3600 (Perten Instruments, Kungens Kurva, Suécia) com abertura de peneira de 0,8mm e, logo em seguida, triturada em moinho de faca da marca Perten 3600 (Perten Instruments, Kungens Kurva, Suécia) com abertura de peneira equivalente a 1,0mm, obtendo-se a farinha dos extrudados.

A Figura 1 resume o processo de fabricação dos extrudados não expandidos diretos.

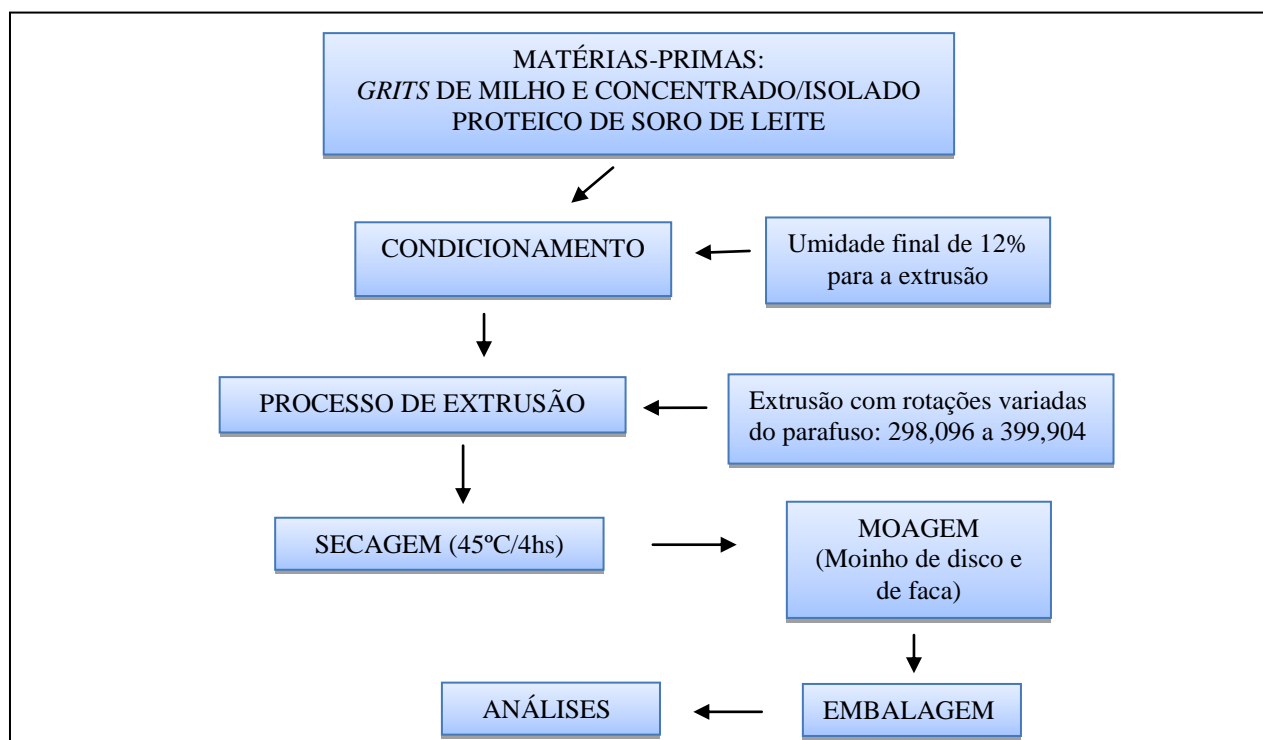


Figura 1: Fluxograma de produção dos extrudados não expandidos diretos e farinha de extrudados não expandidos diretos de *grits* de milho e WPC/WPI

### 2.3 Índice de expansão radial e densidade

A expansão radial e longitudinal foi feita com o auxílio de um paquímetro, onde se mediu o comprimento e diâmetro de 10 *pellets*. Para se calcular o índice de expansão radial (IER) foi utilizada a metodologia descrita por Alvarez-Martinez et al. (1988) e a densidade foi calculada por meio da equação de acordo com Fan, Mitchell e Blanshard (1996).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Índice de expansão radial (IER)

A Figura 2 mostra a superfície de resposta do índice de expansão radial (IER), onde se vê que um aumento dos teores de WPC diminui linearmente o IER. A rotação do parafuso não influenciou a expansão dos extrusados.

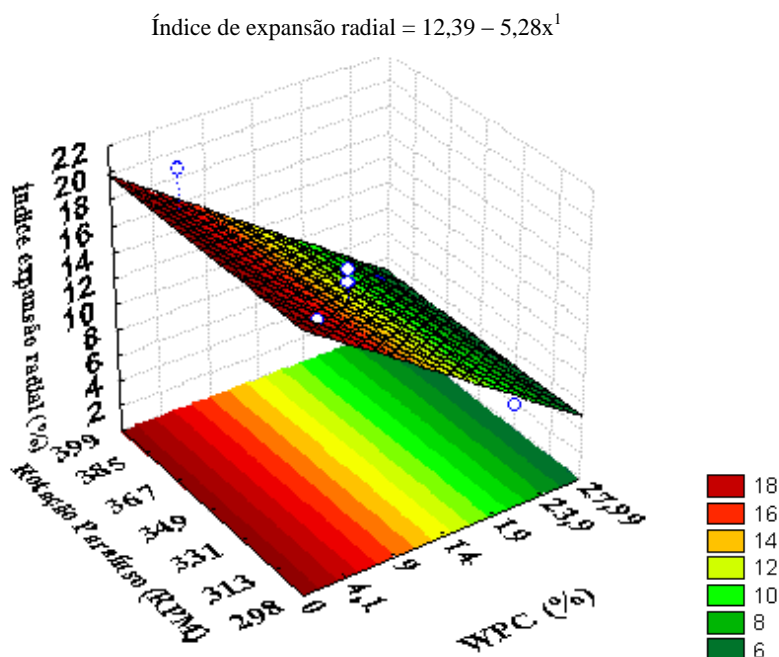


Figura 2 Efeito do WPC no índice de expansão radial (IER) dos extrusados não expandidos diretos de *grits* de milho

O índice de expansão radial (IER), que é calculado pela razão do diâmetro do extrusados não expandidos diretos pelo diâmetro da matriz, foi influenciado significativamente ( $p < 0,05$ ) apenas pela variável WPC. O coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ) foi de 0,82916.

Os resultados indicam que a substituição do *grits* de milho pelo WPC diminui a expansão dos *pellets*. A estrutura de produtos extrudados depende da gelatinização do amido e do amido fundido na saída da matriz. A pressão dentro da extrusora aumenta por causa da restrição na saída final da matriz. Uma vez que o amido derretido emerge na saída da matriz, grande quantidade de umidade evapora rapidamente (*flash-off*) fazendo com que a queda de pressão cause a expansão do produto. A pressão de vapor de água é responsável por formar bolhas no extrusado derretido, estas, também, responsáveis pela expansão dos extrusados (MERCIER; LINKO; HARPER, 1998). Quando as proteínas do soro estão presentes em sistemas de amido, as duas moléculas tendem a interagir uma com a outra, alinhando-se linearmente e formando complexos amilose-proteína (COLONNA; TAYEB; MERCIER, 1989;). Esses complexos conduzem ao inchamento limitado do grânulo de amido (OLSSON; STANDING; HERMANSSON, 2000), ocasionando menores expansões dos produtos extrudados. De acordo com Moraru e Kokini (2003), as proteínas têm um efeito na expansão, por meio da sua habilidade de afetar a distribuição da água na matriz amilácea (limitando a gelatinização) e sua estrutura molecular contribui para a formação de uma extensiva rede mediante ligações covalentes e não covalentes que ocorrem durante o processo de extrusão.

Os resultados aqui obtidos estão de acordo com Allen et al. (2007), onde extrudados expandidos de amido de milho e WPC80 tiveram sua expansão reduzida à medida que se aumentou o teor de proteína.

### 3.2 Densidade dos extrudados não expandidos diretos

A Figura 3 mostra as curvas da superfície de resposta para a densidade dos extrudados não expandidos diretos com WPC.

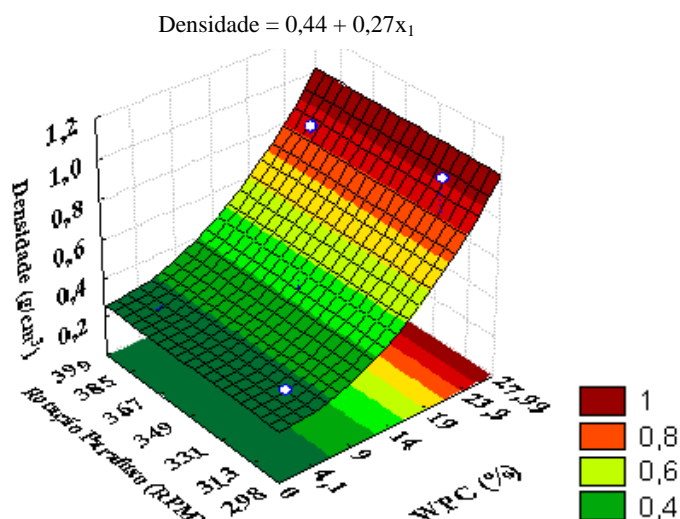


Figura 3 Efeito do WPC na densidade (IER) dos extrudados não expandidos diretos de grãos de milho

A densidade dos *pellts* foi influenciada significativamente ( $P < 0,05$ ) pela variável WPC. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) ajustado foi de 0,85769.

Observa-se que a maior densidade foi obtida nas maiores concentrações de WPC, o que correlaciona negativamente a densidade com a expansão. Conforme discutido anteriormente, o amido desempenha o papel principal na expansão, onde outros ingredientes como proteínas, açúcares, gorduras e fibras agem como diluentes. Máxima expansão é observada com amido puro (MORAU; KOKINI, 2003). A substituição do *grits* de milho pela WPC, produz efeito diluidor, diminuindo a gelatinização do amido, ocasionando menor expansão e maior densidade. Efeito semelhante foi obtido por Obatolu Veronica, Omueti Olusola e Adebowale (2006), onde a densidade dos *snacks* aumentou quanto maior foi a substituição do milho por soja, parcialmente desengordurada. Onwulata et al. (2010), ao adicionarem 25% de WPC80 em *snacks* de milho, obtiveram maiores densidades e menores expansões quando comparados ao *snack* puro de milho.

## 4. CONCLUSÃO

A substituição parcial do amido de milho pelo concentrado e isolado proteico de soro de leite é uma tecnologia viável para a incrementação do valor nutricional de extrudados não expandidos diretos de milho, porém altos níveis de inclusão de proteínas do soro diminuem a expansão e aumentam a densidade do produto final.

**XXI CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**  
**26 a 30 de Novembro de 2012**

*Todas as informações contidas neste trabalho, desde sua formatação até a exposição dos resultados, são de exclusiva responsabilidade dos seus autores*

---

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALVAREZ-MARTINEZ, L., KONDURY, K. P., HARPER, J. M.. A general model for expansion of extruded products. *Journal of Food Science*, 53, 609–615.1988
- BOX, G.E.P. & DRAPER, N.: Empirical Model Building and Response Surfaces. John Wiley and Sons, Nova York, 1987.
- BOX, G.E.P., HUNTER, W.G. & HUNTER, J.S.: Statistics for experimenters, John Wiley, Nova York, 1978.
- BRNČIĆ, M.; BOSILJKOV, T.; UKRAINCZYK, M.;TRIPALO, B.; BRNČIĆ, S.R; KARLOVIĆ, S.; KARLOVIĆ, D.; JEŽEK, D.; TOPIĆ, D. V. 2011 Influence of Whey Protein Addition and Feed Moisture Content on Chosen Physicochemical Properties of Directly Expanded Corn Extrudates. *Food Bioprocess Technol* . 4:1296–1306. 2011.
- COCHRAN, B.Y.; COX, G.M. Experimental designs. 2 nd ed. New York: John Willey, 1964.
- COLONNA, P.; TAYEB, J.; MERCIER, C. Extrusion cooking of starch and starchy products. In: MERCIER, C.; LINKO, P.; HARPER, J. M. (eds). *Extrusion cooking*. St Paul: AACC, p. 247-319.,1989.
- DESRUMAUX, A., BOUVIER, J. M., & BURRI, J. Corn grits particle size and distribution effects on the characteristics of expanded extrudates. *Journal of Food Science*, 63, 857–863, 1998.
- FAN, J., MITCHELL, J. P., & BLANSHARD, J. M. V. The effect of sugars on the extrusion of maize grits: I. The role of the glass transition in determining product density and shape. *International Journal of Food Science and Technology*, 31, 55–65, 1996.
- MERCIER, C.; LINKO, P.; HARPER, J. M. Extrusion cooking. 2nd ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1998. 199 p.
- MORARU, C.I. AND KOKINI, J.L. Nucleation and Expansion During Extrusion and Microwave Heating of Cereal Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol.2: 147-165. 2003.
- NWABUEZE, T., & ANORUOUH, G. Evaluation of flour and extruded noodles from eight cassava mosaic disease (cmd)- resistant varieties. *Food and Bioprocess Technology*. 2009.
- OLSSON, C., STADING, M. AND HERMANSSON, A-M. "Rheological influence of non-gelling amylopectins on  $\beta$ -lactoglobulin gel structures", *Food Hydrocoll.*, **14**, 473-483.2000.
- ONWULATA, C. I.; THOMAS, A. E.; COOKE, P. H.; PHILLIPS, J. G.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; TOMASULA, P. M. Glycemic potential of extruded barley, cassava, corn, and quinoa enriched with whey proteins and cashew pulp. *International Journal of Food Properties*, v. 13, n. 2, p. 338-359, 2010.
- OBATOLU VERONICA, A.; OMUETI OLUSOLA, O.; ADEBOWALE, EBENEZERA. Qualities of extruded puffed snacks from maize/soybean mixture. *Journal of Food Process Engineering* vol. 29 issue 2 April, p. 149-161, 2006.