

INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS DE PROCESSO SOBRE MICROESTRUTURA DE *FONDANT* PRODUZIDO EM SISTEMA CONTÍNUO DE BATIMENTO

MARCELA M. F. RODRIGUES¹; MARISE B. QUEIROZ²; GINA M. B. Q. CARDOZO³;
ROSANA A. SILVA⁴.

Nº 0801012

RESUMO

Há muitos fatores que podem influenciar a cristalização em um *fondant*, podendo ser divididos em fatores de formulação e fatores de processo. Essa pesquisa avaliou, através de um delineamento experimental, a influência de dois desses fatores, a concentração de xarope de mandioca na calda e a velocidade de rotação da rosca do batedor, na atividade de água, na textura e na distribuição de tamanho de cristais de *fondants* produzidos em sistema de batimento contínuo, utilizando um protótipo projetado e otimizado durante o estudo. Os resultados obtidos indicaram que a concentração de xarope de mandioca na calda apresenta maior influência sobre as variáveis de resposta estudadas e que valores acima de 18% desse ingrediente são necessários a fim de obter *fondants* com textura e atividade de água em limites aceitáveis.

ABSTRACT

There are many parameters that influence on the crystallization of *fondant*, divided in formulation factors and process factors. This investigation evaluated, using an experimental design, the influence of the amount of glucose syrup addition (%) and the rotation speed on water activity, textural and micro-structural characteristics of *fondants* produced on a small-scale prototype beater, designed and optimized during the research. The responses showed that the glucose syrup percentage has more influence on these variables and about 18% of manioc syrup in the formulation should be used in order to obtain a *fondant* with attributes similar to the commercial product.

1. BOLSISTA PIBIC-CNPq: Graduação em Engenharia de Alimentos – UNICAMP
2. ORIENTADOR: Pesquisador CerealChocotec/ITAL.
3. COLABORADOR: Pesquisador Lafise/ITAL
4. COLABORADOR: Assistente Técnico Lafise/ITAL

INTRODUÇÃO

O *fondant* é o mais simples dos confeitos cristalizados de açúcar, consistindo de uma fase líquida (solução saturada de sacarose e outros carboidratos) e uma fase sólida cristalina (pequenos cristais de sacarose dispersos). Um *fondant* de boa qualidade deve possuir cristais de sacarose em tamanhos menores que 20 μ m para que não sejam perceptíveis quando for consumido e apresentar textura característica de acordo com a aplicação a que se destina.

Segundo Grosso (1972), o xarope de milho tem como uma de suas principais funções o controle da cristalização da sacarose, devido à elevada porcentagem de açúcares de alto peso molecular (polissacarídeos) presentes em sua composição. No caso do *fondant*, faz-se uso desta propriedade para se obter a formação de cristais de sacarose de tamanho pequeno, os quais não são perceptíveis ao serem consumidos e não causam sensação de aspereza na boca.

Cakebread em uma série de artigos relatados por Hartel & Shastri (1991) destaca que somente o grau de supersaturação não determina a cinética de cristalização, uma vez que diversos outros fatores podem influenciar esse processo, sendo a velocidade de batimento um deles, em que observa-se uma diminuição dos cristais formados quando aumenta-se sua intensidade.

OBJETIVO

O objetivo geral desse trabalho é avaliar o efeito dos parâmetros de processo, velocidade de rotação e da concentração de xarope de mandioca da calda, sobre a formação da fase cristalina em uma massa de *fondant* produzida por batimento contínuo, simulando um processo industrial de fabricação para esse produto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Projeto e Construção do protótipo de Batimento (Batedor de Fondant)

O projeto do batedor foi baseado em modelo de equipamentos contínuos para a produção industrial de *fondant*, os quais são configurados com um sistema de rosca sem fim encamisada com circulação de água fria.

Com o auxílio de um engenheiro projetista, consultor técnico em instalações industriais, propôs-se o projeto de um protótipo de batimento com capacidade para 1 a 2kg/h, definindo-se em seu dimensionamento parâmetros como tamanho da rosca (comprimento, diâmetro e passo), *gap* entre a rosca e tubo externo, entre outros.

A Figura 1 mostra o croqui do batedor projetado a partir do qual foi confeccionado o equipamento, com detalhamento de algumas dimensões definidas em projeto na Tabela 1.

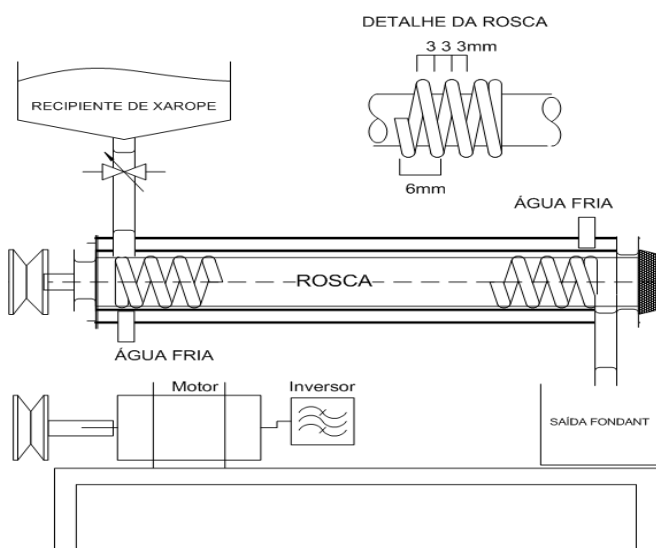


Figura 1. Croqui do batedor de *fondant* projetado com capacidade para até 2kg/h.

Tabela 1. Redimensionamento do equipamento após sua construção.

ROSCA

Comprimento = 250 mm
Ø ext. = 27,2 mm
Ø int. = 22,8 mm
Altura = 2,2 mm
Largura dente = 3,2 mm
Espaço entre dentes = 2,7 mm
Passo = 6,0 mm
Rotação = variável

TUBO INTERNO

Ø ext. = 33,4 mm
Ø int. = 28 mm

TUBO EXTERNO

Ø ext. = 60,4 mm
Ø int. = 54,8 mm
GAP = 0,8 mm no Ø

Delineamento Experimental

Utilizou-se o delineamento experimental com o planejamento fatorial completo 2^2 com pontos axiais e o experimento gerado consistiu de 11 ensaios, sendo 4 combinações entre as duas variáveis em dois níveis (2^2), 4 ensaios dos pontos axiais e 3 repetições do ponto central. Para a análise dos resultados utilizou-se a metodologia de superfície de resposta.

Variáveis de Resposta

Como variáveis de resposta, avaliou-se atividade de água e textura obtidas na massa cristalizada e a distribuição do tamanho médio dos microcristais (DTC) formados pela indução da cristalização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra o experimento gerado pela aplicação do delineamento composto central rotacional que foi utilizado para avaliar a influência das variáveis independentes, assim como as respostas de atividade de água e textura (dureza).

Tabela 2. Delineamento Experimental gerado pelo planejamento fatorial completo 2² com pontos axiais e centrais e respostas de Aw e Dureza.

Ensaio	Variáveis Codificadas		Variáveis Reais		Respostas	
	X1	X2	% Xarope	Rotação (rpm)	Aw	Dureza (g)
1	-1	-1	3,5	90	0,819±0,003	108,14
2	-1	1	3,5	110	0,822±0,003	123,31
3	1	-1	18	90	0,785±0,003	226,9
4	1	1	18	110	0,782±0,002	158,22
5	-1,41	0	0,53	100	0,836±0,002	95,74
6	1,41	0	20,97	100	0,778±0,002	201,35
7	0	-1,41	10,75	85,9	0,809±0,001	291,65
8	0	1,41	10,75	114,1	0,809±0,002	309,21
9	0	0	10,75	100	0,802±0,002	241,48
10	0	0	10,75	100	0,803±0,002	283,42
11	0	0	10,75	100	0,801±0,003	224,48

As amostras para análise foram produzidas de acordo com o delineamento apresentado e armazenadas em estufa incubadora à 25,0°C para posterior análise.

Atividade de Água

Utilizando-se o software Statistica®, determinou-se os efeitos principais e de interação para as variáveis, a fim de se avaliar quais parâmetros eram significativos para o modelo, que está descrito na equação abaixo.

$$y = 0,802 - 0,039x_1 + 0,004x_2^2$$

A seguir, são apresentados, a superfície de resposta, e o gráfico de contorno para o modelo proposto, para a resposta de atividade de água.

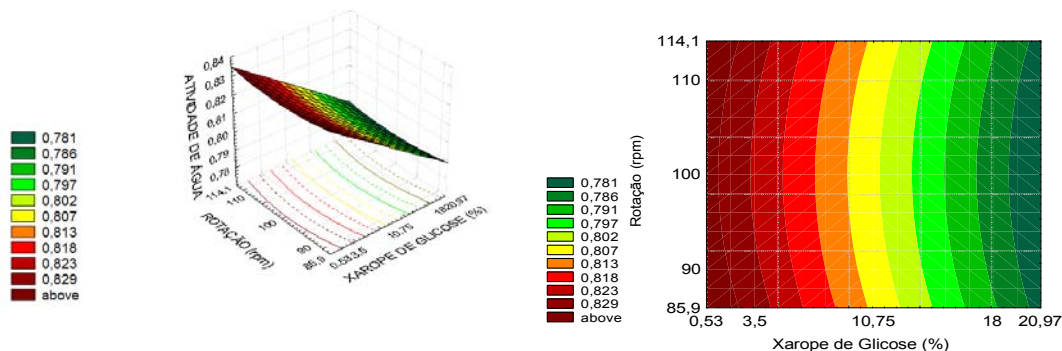


Figura 2. Superfície de resposta e gráfico de contorno para Atividade de Água.

Analisando os gráficos, é possível observar que a variação da velocidade de rotação da rosca tem pouca influência no valor da atividade de água do *fondant*, sendo essa alterada quase que exclusivamente pela variação da porcentagem de xarope do produto, um aumento da concentração de xarope gerou diminuição na atividade de água dos ensaios.

Textura (Dureza)

Utilizando-se o software Statistica®, determinou-se os efeitos principais e de interação para as variáveis, para avaliar quais parâmetros eram significativos para o modelo, que está descrito na equação abaixo:

$$y = 0,802 - 0,039x_1 + 0,004x_2^2$$

A seguir, são apresentadas a superfície de resposta e o gráfico de contorno para o modelo proposto, para a resposta de atividade de água (Figura 3).

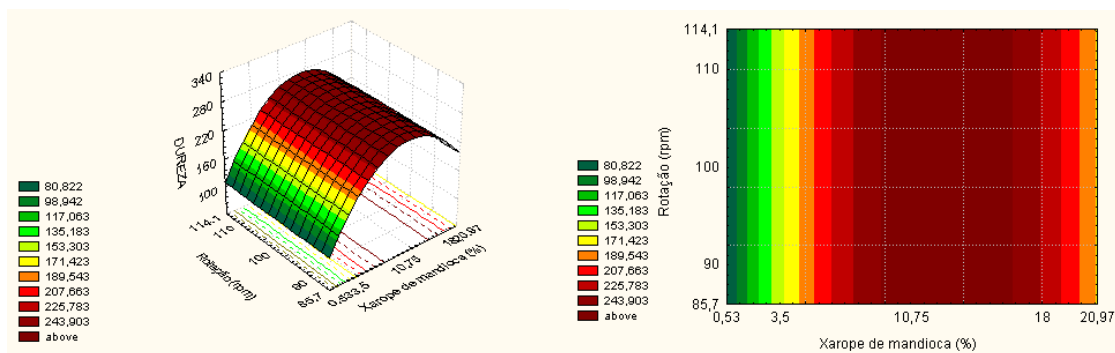


Figura 3. Superfície de resposta e gráfico de contorno para Textura.

De acordo com QUEIROZ et al., 2006, sabe-se que *fondants* encontrados no mercado apresentam, em média, textura dentro da faixa de 150-200g e, observando-se o gráfico, nota-se que essa faixa é atingida com concentrações de xarope entre 5 e 8% e acima de 18%. No entanto, utilizando-se os resultados obtidos na análise de atividade de água, em que se observa que baixas concentrações de xarope geram produtos menos estáveis do ponto de vista microbiológico, é possível dizer que a faixa ótima de trabalho para essa variável de resposta está em teores de xarope acima de 18%, a qualquer valor de velocidade de rotação.

Distribuição de tamanho de cristal (DTC).

Os resultados obtidos para a distribuição de tamanho dos cristais, a partir da medida de uma população de 150 cristais encontram-se na Tabela 3. Nessa tabela já está calculada a porcentagem cumulativa dos cristais de acordo com a faixa de tamanho na qual eles se encontraram.

Tabela 3. Distribuição de tamanho dos cristais.

La (µm)	% Cumulativa / Ensaios										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,5	12,6	18,0	54,0	39,3	6,0	62,7	40,0	22,0	24,7	26,0	23,3
5	90,0	93,3	96,7	98,7	73,3	96,7	97,3	92,0	97,3	98,0	93,3
7,5	99,3	100,0	100,0	100,0	98,7	99,3	100,0	99,3	100,0	100,0	100,0
10	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

A fim de se comparar as diversas distribuições em um mesmo gráfico foi plotada a distribuição cumulativa de todos os ensaios, excluindo-se as repetições do ponto central (Figura 4).

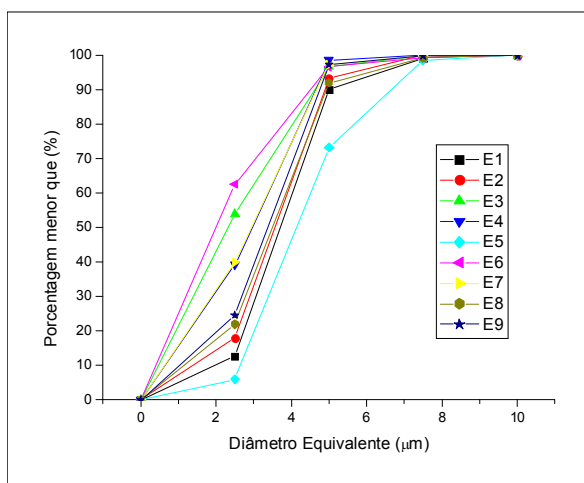


Figura 4. Distribuição cumulativa para o tamanho dos cristais nos ensaios realizados.

Analisando o gráfico, foi possível perceber que, de uma maneira geral, os ensaios 5 e 6 foram os que mais se diferenciaram dos outros testes, apresentando, respectivamente, a maior e a menor porcentagem de cristais entre 0,0-2,5µm de diâmetro equivalente. Em relação às variáveis independentes, o experimento 5 foi aquele com baixo teor de xarope de glicose, enquanto o experimento 6 foi aquele com alto teor de xarope de glicose, ambos com velocidade de rotação intermediária. Dessa forma, sabendo que uma das funções do xarope de glicose é controlar a cristalização da sacarose, os resultados obtidos estão de acordo com o esperado.

Considerando que, na produção do *fondant*, espera-se a maior quantidade possível de cristais abaixo de 20µm já que o tamanho limite para a detecção dos cristais ao palato está em torno de 10-20µm, em uma comparação imediata, todos os *fondants* produzidos podem ser considerados de boa qualidade sensorial.

De forma a avaliar a influência das duas variáveis sobre o tamanho dos cristais, fez-se a análise estatística da superfície de resposta para a porcentagem de cristais com tamanho até 2,5µm e, utilizando-se o software Statistica®, determinou-se, para essa faixa, os efeitos principais e de interação para as variáveis, a fim de se avaliar quais parâmetros eram significativos para o modelo, que está descrito na equação abaixo:

$$y = 24,673 + 8,856x_2^2 + 35,747x_1 - 8,706x_2$$

A seguir, são apresentados a superfície de resposta e o gráfico de contorno para o modelo proposto, para a resposta de L_a para a porcentagem de cristais com 2,5µm (Figura 5).

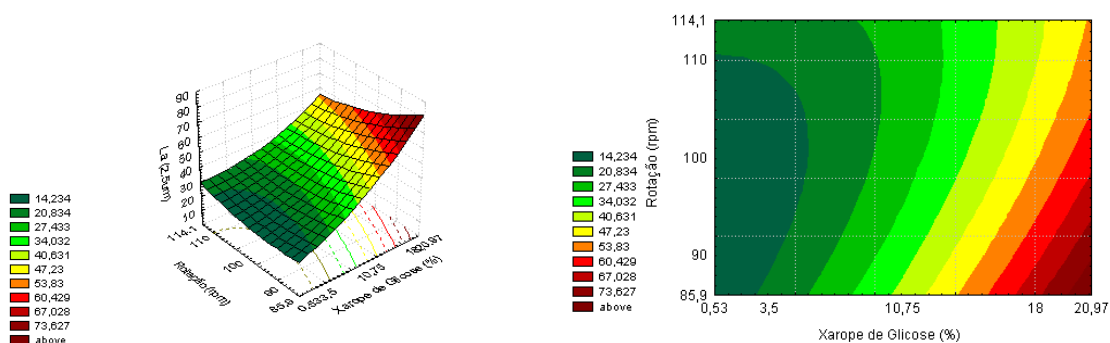


Figura 5. Superfície de resposta e gráfico de contorno para porcentagem cumulativa até 2,5µm

Observando o gráfico, é possível notar que a porcentagem de cristais pequenos (entre 0,0-2,5µm) tende a aumentar com o aumento da concentração de xarope de glicose na formulação

do *fondant*. Já em relação à variação da velocidade de rotação, observa-se que, de uma maneira geral, o aumento nessa variável gera uma diminuição no teor de cristais pequenos no *fondant*, exceto para concentrações baixas de xarope de glicose, onde nota-se o efeito contrário. Dessa forma, a faixa ótima de trabalho para essa variável de resposta é de concentração de xarope acima 18% e velocidade de rotação da rosca abaixo de 105rpm.

CONCLUSÕES

Todo o trabalho realizado na construção e nos ajustes do batedor foi bem executado, resultando na otimização do equipamento, que passou a produzir *fondants* com tamanho de cristais dentro do desejado, que é abaixo da faixa de percepção do palato, e, portanto, de boa qualidade sensorial, em todas as faixas de concentração de xarope de mandioca e velocidade de rotação da rosca estudadas. Já em relação à avaliação das variáveis de resposta, observou-se que a concentração de xarope de mandioca foi o fator de maior influência nos resultados obtidos, apresentando como faixa ótima de trabalho concentrações acima de 18%. A velocidade de rotação da rosca, apesar de não ter gerado muita influência sobre os resultados das variáveis de resposta, também apresenta uma faixa ótima de trabalho, observada principalmente durante a execução dos testes, próxima do ponto central do delineamento experimental, que é de 100rpm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GROSSO, A. L. Técnica de elaboración moderna de confituras. 2.ed. Buenos Aires: Refinerias de Maiz S.A.I.C.F., 1972. p.105 – 121.

HARTEL, R.W. Crystallization in Foods, Aspen food engineering series, Aspen Publishers Inc. Gaithersburg, Maryland – USA. 2001. 325p.

QUEIROZ, M.B., BRAÚNA, I.R.L. & KIECKBUSCH, T.G. Sucrose Crystallization from a Multicomponent Solution using *Fondant* as Model System. The 5th International Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids, Italy, August 27 – 31, 2006.