

PREDIÇÃO DA CRISTALIZAÇÃO DA SACAROSE EM *FONDANT* E EFEITO DA FASE CRISTALINA SOBRE SUA TEXTURA

MARCELA M. F. RODRIGUES¹; MARISE B. QUEIROZ²;

Nº 0901012

RESUMO

O *fondant* é o mais simples dos confeitos, consistindo de uma fase líquida saturada com pequenos cristais de sacarose dispersos. O controle da quantidade e do tamanho dos cristais em um *fondant* requer o conhecimento da composição do perfil de carboidratos nesses produtos e das condições de equilíbrio em termos de diagrama de fases da sacarose em água e na presença de outros ingredientes. A cristalização da sacarose em um *fondant* produzido com xarope de glicose obtido da hidrólise da fécula de mandioca, como fonte alternativa ao amido de milho, usando o comportamento de fase de misturas sacarose/xarope de mandioca foi predito. De forma a avaliar a influência do xarope de mandioca na solubilidade da sacarose a 25 °C, a saturação do sistema foi determinada experimentalmente em condições de equilíbrio. O diagrama de fases da sacarose foi obtido e os valores experimentais da concentração de solubilidade em função da concentração de xarope de mandioca foram ajustados por uma equação linear

ABSTRACT

Fondant is the simplest of the confections, consisting of a saturated liquid phase containing small sucrose crystals. Controlling the amount and size of sucrose crystals in a fondant requires the knowledge of the carbohydrates composition profile in these products and equilibrium conditions in terms of phase diagrams of sucrose in water and in the presence of the other ingredients. The patterns of sucrose crystallization in fondant produced with glucose syrup obtained by hydrolysis of manioc starch, as an alternative source to corn starch, using the phase behavior of sucrose/manioc syrup were predicted. In order to evaluate the influence of manioc syrup on the solubility of sucrose at 25 °C, the system saturation was determined experimentally at the equilibrium. The phase diagrams of sucrose were obtained and the experimental values of the solubility concentration as function of syrup concentration were fitted by a linear equation.

1. BOLSISTA PIBIC-CNPq: Graduação em Engenharia de Alimentos – UNICAMP

2. ORIENTADOR: Pesquisador CerealChocotec/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). Estas duas fases encontram-se em equilíbrio quando o ponto de solubilidade da mistura é atingido (HARTEL;SHASTRY, 1991). As condições de equilíbrio de uma solução açucarada são alteradas significativamente pela presença de vários componentes e aditivos de importância em alimentos. Consequentemente, a solubilidade pode ser drasticamente mudada. A presença de materiais como xarope de milho, açúcar invertido, entre outros, geralmente causam uma diminuição na concentração de saturação da sacarose (BHANDARI; HARTEL, 2002). 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 (HARTEL, 2001).

OBJETIVO

O objetivo geral desse trabalho é prever a quantidade de fase cristalina em *fondants* formulados com diferentes concentrações de xarope de glicose de mandioca e sua influência sobre a textura do produto final.

MATERIAL E MÉTODOS

Curva de Solubilidade

Para realizar os ensaios de solubilidade, preparou-se soluções de sacarose, xarope de glicose e água baseando-se nas metodologias propostas por Tjuradi e Hartel (1995) e Queiroz et al. (a), (2008). Cada ensaio foi feito em duplicata e determinou-se o índice de refração em refratômetro digital com temperatura constante a 20°C, até que não mais houvesse variação na medida (equilíbrio termodinâmico).

Delineamento Experimental

Tendo como referência resultados obtidos no estudo realizado em batedor contínuo (QUEIROZ, et al. (b), 2008), avaliou-se a influência das variáveis porcentagem de xarope de mandioca na formulação, temperatura inicial de batimento da calda e velocidade de rotação da rosca. Utilizou-se o delineamento experimental com o planejamento fatorial completo 2³ com pontos axiais e centrais. Para a análise dos resultados utilizou-se a metodologia de

superfície de resposta, tendo-se como variáveis dependentes (repostas) atividade de água (A_w) e a textura obtidas na massa cristalizada. Avaliou-se também e a distribuição do tamanho médio dos microcristais (DTC) formados pela indução da cristalização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos valores de solubilidade da sacarose na presença do xarope de glicose obtido pela hidrólise da fécula de mandioca foi possível construir a curva de equilíbrio sólido-líquido a 25 °C (Figura 1).

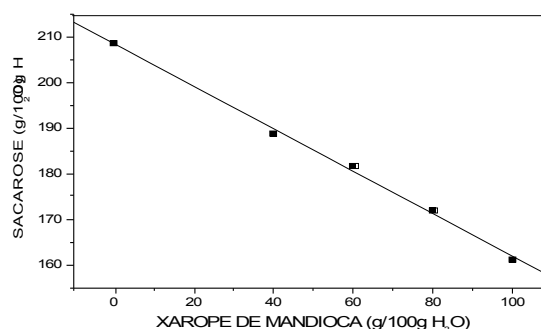


Figura 1. Variação da concentração de solubilidade da sacarose na presença de xarope de glicose de mandioca a 25 °C.

Observa-se que a solubilidade da sacarose diminuiu com o aumento da concentração do xarope de mandioca adicionado à solução. Os valores experimentais da concentração de solubilidade em função da massa de xarope de mandioca na solução à 25 °C foram ajustados através de uma equação linear, obtendo-se a seguinte relação:

$$[S] = 208,59 - 0,4656 [XG], \text{ com } R^2 = 0,9987 \quad (\text{eq. 1})$$

Essa equação permite determinar a concentração de solubilidade da sacarose $[S]$, em g/100 g H₂O, na presença do xarope de glicose de mandioca, à 25°C. A partir do delineamento experimental das amostras de *fondant* e da curva de solubilidade do sistema, fez-se a predição das fases líquida e cristalina.

A Tabela 2 mostra o experimento gerado pela aplicação do delineamento composto central rotacional com suas variáveis independentes, assim como as respostas de atividade de água (A_w) e textura (dureza), juntamente com a predição de fases de cada ensaio produzido.

Tabela 2. Delineamento Experimental gerado pelo planejamento fatorial completo 2³ com pontos axiais e centrais e respostas de Aw, dureza e predição de fases.

Ensaio	Variáveis Codificadas			Variáveis Reais			Respostas		Cálculo de Fases	
	X1	X2	X3	% Xarope	Rotação (rpm)	Temperatura (°C)	Aw	Dureza (g)	% Fase Líquida	% Fase Cristalina
1	-1	-1	-1	5	90	60	0,836±0,002	51,57	43,78	56,22
2	-1	-1	1	5	90	80	0,835±0,002	53,33	41,74	58,26
3	-1	1	-1	5	110	60	0,834±0,002	68,8	40,72	59,28
4	-1	1	1	5	110	80	0,831±0,003	103,75	43,50	56,50
5	1	-1	-1	17	90	60	0,799±0,003	66,82	49,48	50,52
6	1	-1	1	17	90	80	0,801±0,002	58,22	50,41	49,59
7	1	1	-1	17	110	60	0,793±0,003	96,97	47,50	52,50
8	1	1	1	17	110	80	0,795±0,003	103,77	47,91	52,09
9	-1,68	0	0	0,92	100	70	0,849±0,001	41,87	39,10	60,90
10	1,68	0	0	21,08	100	70	0,778±0,004	69,78	51,04	48,96
11	0	-1,68	0	11	83,2	70	0,814±0,003	87,74	44,36	55,64
12	0	1,68	0	11	116,8	70	0,811±0,004	104,5	43,43	56,57
13	0	0	-1,68	11	100	53,2	0,812±0,002	129,51	44,95	55,05
14	0	0	1,68	11	100	86,8	0,809±0,003	97,43	40,72	59,28
15	0	0	0	11	100	70	0,815±0,004	86,25	48,40	51,60
16	0	0	0	11	100	70	0,814±0,003	78,89	44,67	55,33
17	0	0	0	11	100	70	0,818±0,001	87,67	47,17	52,83

Observa-se que, de maneira geral, o aumento na porcentagem de xarope de glicose levou à formação de uma menor porcentagem de fase cristalina, já que a adição desse ingrediente tem um efeito marcante na inibição da cristalização pela diminuição da taxa de nucleação, o que consequentemente diminui a formação de fase cristalina (Hartel, 2001), como pode ser observado, por exemplo, nos ensaios 9 e 10, menor e maior porcentagem de xarope, respectivamente.

Atividade de Água

A equação 2 mostra o modelo com os parâmetros significativos ($p < 0,05$) para a Aw:

$$y = 0,8142 - 0,0196x_1 - 0,0017x_2 \quad (\text{eq. 2})$$

Observou-se 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. Sabendo que produtos que apresentam valores de atividade de água mais baixos tentem a ter *shelf life* maiores e que valores reportados em literatura para o *fondant* apontam uma variação de 0,75 a 0,77 (WILLS, 1998), a faixa ótima de trabalho para a concentração de xarope de mandioca na formulação está acima de 20%.

Textura (Dureza)

A equação 3 mostra o modelo com os parâmetros significativos ($p < 0,25$) para a dureza:

$$y = 86,65 - 13,44x_1^2 + 6,96x_3^2 + 7,15x_1 + 12,42x_2 - 4,52x_1x_3 + 5,7x_2x_3 \quad (\text{eq. 3})$$

Foram plotadas as superfícies de resposta e os gráficos de contorno para o modelo proposto, combinando-se as 3 variáveis duas a duas. Cruzando-se os resultados para as 3 variáveis estudadas observou-se que, considerando-se 100 a 150 gf resultados satisfatórios para a dureza de um *fondant*, segundo relatado por Queiroz et al. (b) (2008), a otimização desta resposta deve estar em valores de % de xarope de mandioca acima de 13%, velocidade de rotação de 110 rpm e temperatura inicial de batimento de 60 a 80 °C.

Distribuição de tamanho de cristal (DTC)

Os resultados obtidos para a distribuição de tamanho dos cristais, obtidos a partir da medida de uma população de 900 cristais foram tabelados e para a comparação das medidas, foi plotada a distribuição cumulativa em um mesmo gráfico, excluindo-se as repetições do ponto central (Fig. 2).

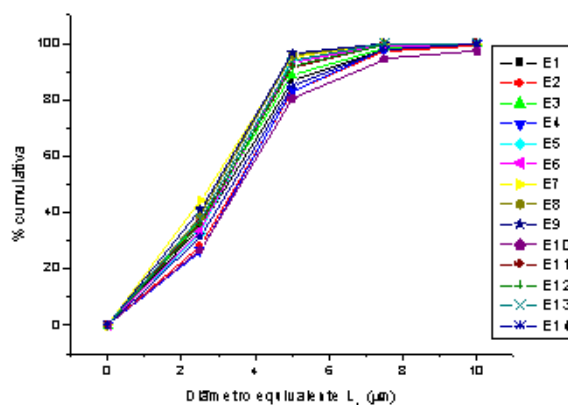


Figura 2. Distribuição cumulativa para o tamanho dos cristais nos ensaios realizados.

De uma maneira geral, pode-se observar que os ensaios apresentaram DTCs muito semelhantes, o que indica que o processo de batimento contínuo utilizado foi otimizado. Os ensaios 9 e 10 foram os que mais se diferenciaram dos outros testes, apresentando, respectivamente, as maiores e menores porcentagens de cristais dentro da distribuição de diâmetro equivalente.

CONCLUSÕES

De acordo com a predição, quanto maior a porcentagem de xarope de mandioca na formulação, menor a porcentagem de fase cristalina formada. O aumento na % de fase cristalina não

apresentou uma relação direta com o aumento da dureza das amostras, como sugerido por Lenz e Hartel (2005). Isso pode ser explicado pelo fato de que a dureza sofreu influência também de outras variáveis além do teor de xarope de glicose, que é um dos principais fatores da variação na predição de fases.

A atividade de água é mais afetada pela % de xarope na formulação e diminui com o aumento desta, tendo valores próximos aos reportados em literatura com 20% de adição deste ingrediente.

A textura sofre influência de todas as variáveis estudadas e mais intensamente da velocidade de rotação e da % de xarope de mandioca. Tem valores otimizados para % de xarope de mandioca acima de 13%, rotação de 110 rpm e temperatura de batimento de 60 a 80 °C.

As distribuições de tamanho dos cristais obtidas para todas as amostras do experimento foram consideradas ótimas, com cristais menores que 20 µm para todos os experimentos.

Para se obter as melhores respostas de atividade de água, textura similar a produtos de mercado e distribuição de tamanho com maior porcentagem de cristais pequenos considerando todas as variáveis em estudo deve-se trabalhar com teores de xarope de glicose de 20%, velocidade de rotação de 110 rpm e temperatura inicial de batimento de 60 °C.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BHANDARI, B.R.; HARTEL, R.W. Co-crystallization of sucrose at high concentration in the presence of glucose and fructose, *J. of Food Sci.*, v.36, Nr.5, p.1797-1802, 2002.

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

HARTEL, R.W. & SHASTRY, A. Sugar crystalization in foods products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, p.49-112, 1991.

LENZ, P. & HARTEL, R.W. Predicting sucrose crystallization in confections. *The Manufacturing Confectioner*, Princeton, p. 55-64, Ago, 2005.

QUEIROZ, M.B., BRAÚNA, I.R.L., FADINI, A.L. & KIECKBUSCH, T.G. (a). Solubilidade de Equilíbrio de Sacarose em Misturas Multicomponentes de Açúcares. *Brazilian Journal of Food Technology*. V. 11 m. 1, jan/mar, p. 70-77. 2008.

QUEIROZ, M. B., DUARTE, B. B.; SILVA, M. A. & KIECKBUSCH, T. G. (b). Manufacture of fondant containing manioc syrup in a continuous beating system. *IFT Annual Meeting*, 2008.

TJURADI, P. & HARTEL, R.W. Corn Syrup Oligosaccharide Effects on Sucrose Crystallization. ***Journal of Food Science***, Volume 6, nº 6, p. 1353-1356, 1995.

WILLS, D. Water activity and its importance in making candy. ***The Manufacturing Confectioner***, Glen Rock, NJ, EUA; v.78, n.8, p.71-74, ago.1998.