

ESTUDO DA CRISTALIZAÇÃO DE SISTEMAS AÇUCARADOS COM ADIÇÃO DE FRUTAS

ALYNE H. YAMABE¹; MARISE B. QUEIROZ²; ANA LÚCIA FADINI³; LIDIANE B.
SILVA⁴
Nº 11258

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade técnica da adição de frutas processadas (polpa concentrada e/ou desidratada) na formação de uma massa cristalina de base açucarada formada por batimento induzido (tipo *fondant*), definindo-se limites máximos de aplicação sem modificar drasticamente a característica do produto final. Na primeira fase do estudo realizou-se um levantamento de algumas frutas tropicais disponíveis comercialmente na forma de polpa desidratada (acerola, cajá, goiaba, jabuticaba e maracujá) e/ou liofilizada (açaí) e em seguida alguns testes de aplicação de forma a selecionar 2 sabores para um estudo mais detalhado. Os resultados obtidos indicaram que a goiaba e o açaí apresentaram melhor perfil sensorial na produção da massa cristalina. Na segunda fase do estudo, que consistiu em otimizar a aplicação dessas 2 frutas na produção de um *fondant*, concluiu-se que o açaí teve um desempenho muito bom com formação de uma massa cristalina com textura maleável característica, sabor e cor intensos e a goiaba, na forma utilizada, não apresentou um resultado satisfatório, produzindo massas muito firmes.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the technical viability of the addition of processed fruits (concentrated and/or dehydrated pulp) on the production of a crystalline system of sugar formed by induced beating (*fondant*), determining the maximum limits of application, without dramatically modifying the final product texture. In the first part of the study, a data collection was made over some tropical fruits whose

¹ Bolsista CNPq: Graduação em Eng. de Alimentos, UNICAMP, Campinas-SP, alynehy@gmail.com.

² Orientadora: Pesquisadora, Cereal Chocotec/ITAL, Campinas-SP.

³ Colaboradora: Pesquisador, Cereal Chocotec/ITAL, Campinas-SP.

⁴ Colaboradora: Pesquisador, Cereal Chocotec /ITAL, Campinas-SP.

dehydrated and/or lyophilized pulp were commercially available (açaí, acerola, caja, guava, jabuticaba and passion fruit), and then some application tests were made so two of the fruits could be chosen to the next part of the study. The results indicated that guava and açaí were the ones which showed the best sensory profile on the crystalline mass production. In the second part of the study, which consisted on optimizing the application of the chosen fruits on the *fondant* production, it was concluded that the açaí pulp showed a very good performance, forming a crystalline mass with characteristic plastic texture, intense flavor and color, and the guava pulp used didn't show a satisfactory result, producing *fondants* which were too firm.

INTRODUÇÃO

O *fondant* é um produto de confeitaria, altamente cristalino, que consiste de uma fase sólida cristalina (pequenos cristais de sacarose dispersos) contida numa fase líquida viscosa (solução saturada de sacarose e outros carboidratos). É utilizado nos segmentos de chocolates, bombons, balas, padaria e confeitaria no geral, atuando como ingrediente de modificação de textura na fabricação de chocolates recheados e bombons, agente de estrutura em barras de chocolates, agente de recobrimento em produtos de panificação, ou ainda como agente de sementeira na fabricação de balas e caramelos (JEFFERY, 2001). Na produção do *fondant* destacam-se quatro principais ingredientes: sacarose, xarope de glicose e/ou açúcar invertido e água, cujas concentrações podem variar.

Seguindo a tendência do consumidor na busca por produtos mais saudáveis, a adição de frutas como parte da composição do *fondant* pode criar uma alternativa de produto com melhor perfil nutricional, seja para seu uso diretamente em cobertura de produtos de panificação, ou inserindo-o em chocolates e balas como agente de corpo ou indutor de cristalização. Uma vantagem é que em balas, por exemplo, onde a temperatura de cozimento é alta e a perda de nutrientes pode ser grande, a incorporação do *fondant* com a fruta pode ser feita na etapa de estiramento, onde a massa já passou por resfriamento, minimizando as perdas nutricionais.

MATERIAL E MÉTODOS

Estudo preliminar da cristalização em sistema por batelada

Inicialmente realizou-se alguns experimentos de cristalização utilizando-se um reator adaptado em laboratório, com a cristalização sendo feita por meio de um sistema de batimento por batelada com agitador mecânico rotativo de velocidade

controlada (TECNAL; Modelo: TE-039/1). Quantidades pré-estabelecidas de água, polpa de fruta, sacarose e xarope de glicose foram pesadas em balança digital (GEHAKA, modelo BG2000), aquecidas em sistema à pressão atmosférica até que fosse atingida a temperatura de 114°C, medida em termômetro digital infravermelho com mira laser (TFA/ALEMANHA - modelo 7619.08.0.00). Em seguida, a calda foi transferida para um béquer plástico com capacidade para 600 mL, que foi colocado em banho de água fria, e iniciou-se o batimento numa velocidade de 750 rpm, por 10 a 15 minutos, utilizando uma hélice de pás. As massas foram armazenadas em vidros com tampa metálica e acondicionadas em estufa BOD com temperatura constante de 25 °C para posterior análise. Este procedimento foi realizado com polpas de fruta (desidratadas ou liofilizadas) de açaí, acerola, cajá, goiaba, jabuticaba e maracujá.

Fondant com inserção de açaí liofilizado

Nos testes preliminares, a polpa de açaí promoveu a formação de uma massa cristalina de textura desejável, coloração intensa e sabor característico, o que levou à escolha da mesma como uma das frutas a ser estudada na segunda fase do projeto, utilizando o sistema contínuo de batimento. O sistema contínuo de batimento com capacidade para 1 a 2 kg/h simula um equipamento industrial para a fabricação de *fondant*. Primeiramente as quantidades pré-estabelecidas de água, polpa de fruta, sacarose e xarope de glicose foram pesadas em balança digital, e em seguida aquecidas em sistema à pressão atmosférica até que fosse atingida a temperatura de 110°C. Em seguida, a calda foi colocada no batedor, fixando-se a velocidade de rotação em 100 rpm e a temperatura do banho em 20°C.

Avaliou-se a influência das variáveis porcentagem de xarope de glicose e porcentagem de polpa de açaí na formulação através do delineamento estatístico Composto Central Rotacional de segunda ordem com base na Metodologia de Superfície de Resposta (MSR) (BOX et al, 1978 e BARROS NETO et al., 2001), e o experimento gerado consistiu de 12 ensaios (4 combinações entre as duas variáveis em dois níveis (2^2), 4 pontos axiais e 4 repetições do ponto central. Como variáveis de resposta avaliou-se a atividade de água (medida diretamente em analisador de atividade de água AQUALAB, modelo 4TEC, a 25 °C \pm 0,03°C, em triplicata) e a dureza (texturômetro STABLE MICRO SYSTEMS, modelo TAXT2i) obtidas na massa cristalizada.

Fondant com inserção de polpa de goiaba

A segunda fruta escolhida para a fase final do estudo foi a goiaba, devido ao seu desempenho nos testes preliminares quanto a aroma, sabor e cristalização. Para a produção da massa cristalina com inserção de polpa de goiaba o procedimento experimental utilizado foi o mesmo descrito no estudo preliminar (sistema por bateladas). Foi avaliada a influência das variáveis porcentagem de xarope de glicose e porcentagem de polpa de fruta na formulação do *fondant* utilizando o delineamento experimental fatorial completo 2^2 , e o experimento gerado consistiu de 7 ensaios (4 combinações entre as duas variáveis em dois níveis (2^2) e 3 repetições do ponto central). Como variáveis de resposta avaliou-se a atividade de água e a textura obtidas na massa cristalizada, através das metodologias mencionadas anteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo preliminar da cristalização em sistema por batelada

Os resultados qualitativos obtidos nos testes preliminares serviram de base para auxiliar na escolha de duas frutas, que foi feita considerando-se dois fatores principais, o potencial de sabor da polpa e a característica de cristalização da massa com adição de fruta. As frutas com destaque nestes atributos foram a goiaba e o açaí.

Fondant com inserção de açaí liofilizado

A Tabela 1 mostra o experimento gerado pela aplicação do delineamento que foi utilizado para avaliar a influência das variáveis independentes porcentagem de xarope de glicose e porcentagem de polpa de açaí na formulação, assim como o resultado para as respostas de atividade de água e dureza (textura).

TABELA 1. Delineamento Experimental gerado pelo planejamento fatorial completo 2^2 com pontos axiais e centrais e repostas para atividade de água e dureza.

Ensaios	Variáveis Reais		Respostas	
	Xarope de glicose (%)	Polpa de açaí (%)	Aa, 25°C	Dureza (gf)
1	5	10	$0,8252 \pm 0,0010$	$5,24 \pm 0,61$
2	5	20	$0,7841 \pm 0,0014$	$371,83 \pm 25,34$
3	15	10	$0,7689 \pm 0,0020$	$396,59 \pm 41,16$
4	15	20	$0,7642 \pm 0,0019$	$344,15 \pm 28,70$
5	2,95	15	$0,8034 \pm 0,0001$	$251,38 \pm 26,08$
6	17,05	15	$0,7727 \pm 0,0010$	$385,99 \pm 31,81$
7	10	7,95	$0,8019 \pm 0,0011$	$121,86 \pm 9,62$
8	10	22,05	$0,7912 \pm 0,0013$	$265,18 \pm 21,56$
9	10	15	$0,7866 \pm 0,0007$	$272,64 \pm 28,71$
10	10	15	$0,7860 \pm 0,0016$	$234,33 \pm 20,33$

11	10	15	$0,7791 \pm 0,0007$	$280,94 \pm 28,62$
12	10	15	$0,7811 \pm 0,0023$	$287,78 \pm 11,84$

As respostas foram analisadas utilizando-se o software Statistica®, onde determinou-se os efeitos principais e de interação para as variáveis. A partir dos resultados, concluiu-se que, para $p < 0,05$, somente a variável quadrática concentração de xarope de glicose não foi estatisticamente significativa para a resposta de atividade de água e para a dureza todos foram significativos. Dessa maneira, os modelos que representam as respostas são apresentados a seguir:

$$y_{Aw} = 0,7838 - 0,0150x_1 - 0,0077x_2 + 0,0049x_2^2 + 0,0090 x_1x_2$$

$$y_{dureza} = 268,8528 + 69,3902x_1 + 30,9568x_1^2 + 64,7214x_2 - 32,0003x_2^2 - 104,758x_1x_2$$

Para a validação dos modelos matemáticos, utilizou-se o cálculo da Análise de Variância (ANOVA). Para a atividade de água obteve-se F calculado para a regressão igual a 18,84 (maior que o $F_{tab} = 3,84$, para $p < 0,05$) e coeficiente de correlação $R = 0,94$, revelando um bom ajuste do modelo matemático aos dados experimentais. Para a dureza, foi obtido um valor de F calculado para a regressão igual a 18,84, (maior que o F tabelado = 4,07, para $p < 0,05$) e coeficiente de correlação $R = 0,97$, indicando um ótimo ajuste do modelo matemático aos dados experimentais.

A seguir, são apresentados os gráficos de contorno para os modelos propostos para a atividade de água e dureza, respectivamente (Figura 1).

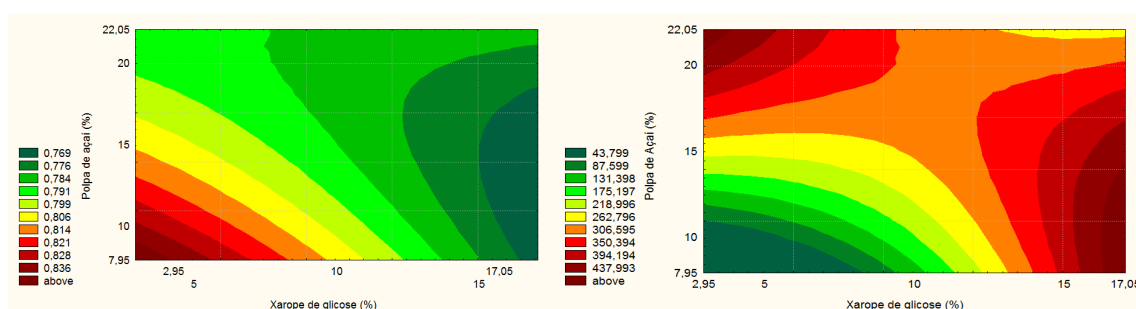


FIGURA 1. Gráfico de contorno para a atividade de água e dureza, respectivamente

Analisando o gráfico para a atividade de água, é possível concluir que o aumento de ambas as concentrações gerou diminuição na atividade de água dos ensaios. O resultado era esperado, uma vez que concentrações maiores de xarope geram produtos com maiores concentrações de sólidos na fase líquida do *fondant*, o mesmo ocorrendo com a polpa.

Através da análise do gráfico de textura, nota-se que a mesma aumenta juntamente com o aumento das concentrações de xarope de glicose e polpa de açaí. Pode-se considerar ainda que o valor de dureza apresenta certa constância na região logo acima do ponto central (aproximadamente 17% de polpa e 10% de xarope). Sabendo que produtos que apresentam valores de atividade de água mais baixos tendem a ter maior estabilidade microbiológica e que valores reportados em literatura para o *fondant* apontam uma variação de 0,75 a 0,77 (WILLS, 1998), verifica-se que essa faixa é obtida quando o xarope de glicose é adicionado em concentrações acima de 12% se a concentração de polpa for maior que 11% e acima de 13% para qualquer concentração de polpa. Considerando que os valores de dureza obtidos para os *fondants* encontrados no mercado variam de 150 a 200 gf (QUEIROZ, 2010), nota-se que essa faixa é atingida com concentrações de xarope de aproximadamente 9 a 12% e de polpa de 11 a 14%. Portanto, pode-se concluir que, para que seja obtido um *fondant* com boa estabilidade microbiológica e textura característica, deve-se trabalhar com concentrações de xarope de glicose em torno de 12% e polpa de açaí em torno de 11%.

Fondant com inserção de polpa de goiaba

A Tabela 2 mostra o experimento gerado pela aplicação do delineamento que foi utilizado para avaliar a influência das variáveis independentes, porcentagem de xarope de glicose na formulação e porcentagem de polpa de goiaba, assim como o resultado para as respostas de atividade de água e textura (dureza).

TABELA 2. Delineamento Experimental gerado pelo planejamento fatorial completo 2^2 com respostas para atividade de água e dureza

Ensaio	Variáveis Reais		Respostas	
	Xarope de glicose (%)	Polpa de goiaba (%)	Aa, 25°C	Dureza (gf)
1	5	5	$0,815 \pm 0,005$	$973,26 \pm 95,79$
2	5	15	$0,797 \pm 0,002$	$3109,96 \pm 312,51$
3	10	5	$0,781 \pm 0,003$	$3796,88 \pm 341,45$
4	10	15	$0,778 \pm 0,007$	$1564,35 \pm 102,68$
5	7,5	10	$0,788 \pm 0,005$	$1090,23 \pm 98,61$
6	7,5	10	$0,798 \pm 0,009$	$1151,11 \pm 102,17$
7	7,5	10	$0,805 \pm 0,003$	$873,99 \pm 90,32$

Utilizando-se o software Statística®, determinou-se os efeitos principais e de interação para as variáveis para a atividade de água. Concluiu-se que para $p < 0,25$, somente a variável concentração de xarope de glicose foi estatisticamente

significativa. Dessa maneira, o modelo que representa a resposta é apresentado a seguir:

$$y = 0,7946 - 0,0132x_1$$

Para a validação do modelo matemático, utilizou-se o cálculo da Análise de Variância (ANOVA), onde o valor obtido de Fcal para a regressão foi igual a 11,82 (maior que o Ftab= 2,0, para p<0,25) e coeficiente de correlação R=0,91, revelando um bom ajuste do modelo matemático aos dados experimentais. A seguir, são apresentadas a superfície de resposta e o gráfico de contorno para o modelo proposto (Figura 2).

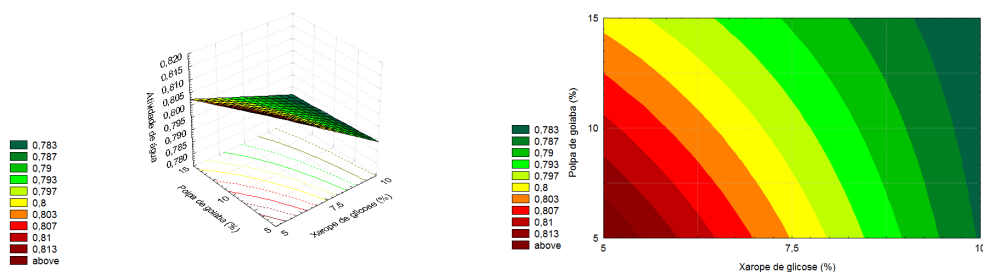


FIGURA 2. Superfície de resposta e gráfico de contorno para a atividade de água.

Analisando os gráficos pode-se observar que a variação da concentração de polpa de goiaba tem pouca ou quase nenhuma influência no valor de 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. Os níveis de adição de xarope de glicose estudados neste experimento, principal componente na diminuição da atividade de água, não foram suficientes para a obtenção de massas cristalinas com valores baixos ao nível daqueles reportados em literatura (0,75 a 0,77). Os mais próximos foram aqueles obtidos nas maiores faixas de adição de xarope (experimentos 3 e 4 com 10 % de xarope de glicose na formulação). Para uma otimização dessa resposta, sugere-se aumentar a concentração do xarope em próximos estudos.

Para a resposta de dureza, os resultados obtidos na análise estatística não foram satisfatórios para considerar o modelo proposto preditivo, tendo um valor de $R^2 = 0,63$ ($R = 0,79$), baixo estatisticamente para representar o experimento. Pode-se observar que os valores de dureza para as massas adicionadas de polpa de goiaba apresentaram-se muito superiores aos encontrados para a massa de açaí e àqueles considerados característicos de produtos de mercado (próximos a 200 gf). Não foi possível estabelecer uma correlação entre as variáveis estudadas com a textura obtida

na massa, mas os altos valores para essa resposta indicam que a composição da polpa de goiaba desidratada (presença de altos níveis de maltodextrina) foi um fator significativo no aumento da dureza.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que o açaí teve um desempenho muito bom com formação de uma massa cristalina com textura maleável característica, sabor e cor intensos, e a goiaba, na forma utilizada, não apresentou um resultado satisfatório, produzindo massas muito firmes. No caso da inserção do açaí liofilizado na massa, para que seja obtido um *fondant* com boa estabilidade microbiológica (menor atividade de água) e textura característica, deve-se trabalhar com concentrações de xarope de glicose superiores a 12% e polpa de açaí em torno de 11%. Para a goiaba, ainda será necessário avaliar com mais propriedade o efeito da maltodextrina presente na polpa da fruta sobre a textura e trabalhar com polpas que tenham esse constituinte em menor quantidade ou mesmo isento, sendo necessário a utilização da fruta liofilizada e não seca por *spray*.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – PIBITI, pela bolsa concedida.

Ao Cereal Chocotec – ITAL, pela oportunidade de estágio.

REFERÊNCIAS

- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S. & BRUNUS, R. E. *Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e indústria*. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2001, 401p.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, J. S. & STUART, J. S. *Statistics for experimenters*. New York, John Wiley & Sons, 1978, 657p.
- JEFFERY, M. S. Grained and Ungrained Confections. *The Manufacturing Confectioner*. p.97-110, June, 2001.
- QUEIROZ, M.B. *Estudo da cristalização de fondants formulados com xarope de glicose obtido da fécula de mandioca*. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química: 2010, 137p.
- HARTEL, R. W. & SHASTRY, A. Sugar crystallization in food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1(1):49-112, 1991.