



X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica

“Influência da pesquisa em Engenharia Química no desenvolvimento tecnológico e industrial brasileiro”

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Universidade Severino Sombra
Vassouras – RJ – Brasil

DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO DE CHOCOLATE À BASE DE EXTRATOS VEGETAIS

NASCIMENTO*¹, R. F.; ARRIECHE², L. S.; ³SARTORI, D. J. M.

¹Aluno de Engenharia Química CEUNES/UFES ²Professor do DETEC/UFES

³Professor do DEQ/CCET/UFSCar

Departamento de Engenharias e Tecnologia - Universidade Federal do Espírito Santo

Endereço: UFES, BR 101 Norte, km 60, São Mateus, CEP 29.932-540, ES

email: leoarrieche@hotmail.com

RESUMO - A intensa competitividade e evolução da indústria do chocolate demandam desenvolvimento de novos produtos. Formulá-los requer conhecimento do gosto e necessidades dos consumidores. Os objetivos deste trabalho consistem em desenvolver chocolates com extratos vegetais, isentos de lactose e ingredientes de origem animal, reproduzir a secagem solar em leito fixo de sementes de cacau, e promover a moagem do açúcar usado na formulação dos chocolates. Devido ao valor nutricional substituiu-se leite por sementes de macadâmia. Para formulação utilizaram-se cacau, açúcares, manteiga de cacau, noz de macadâmia desintegrada e lecitina de soja. A produção seguiu o método artesanal tradicional. Realizaram-se testes seguindo dois procedimentos de conchagem. Usando programação linear, informações nutricionais do chocolate padrão e restrições impostas durante o processamento, desenvolveram-se onze formulações, duas consideradas com qualidade global satisfatória. Executou-se secagem solar das sementes de cacau em leito fixo durante 76 horas, medindo-se a massa a cada 30 minutos. A umidade final das sementes atingiu aproximadamente 8,9% b.u. Moeu-se o açúcar em moinho de bolas, conforme planejamento de experimentos, variando dois níveis e duas variáveis. Realizou-se análise granulométrica em peneiras da série Tyler. Utilizando-se 50 bolas de 3 cm de diâmetro, em moagem por 6 horas, encontrou-se a maior redução de diâmetro de partícula.

Palavras chave: novos produtos, secagem, análise granulométrica.

INTRODUÇÃO

Atualmente as indústrias alimentícias enfrentam uma realidade econômica de intensa competitividade de mercado, visto que a produção de alimentos é um dos pilares de qualquer economia, seja pela sua abrangência e essencialidade, seja pela rede de setores

relacionada, como o agrícola, o de serviços e o de insumos.

Despontar num cenário acirrado requer desenvolvimento de novos produtos ou aprimoramento dos já existentes. A inovação tecnológica de produtos ou processos tem sido amplamente reconhecida, não apenas como um claro instrumento para o desenvolvimento

*Bolsista PIBIC-UFES.

econômico de longo prazo, mas também como uma das principais fontes de vantagem competitiva.

O consumidor brasileiro de alimentos, influenciado pelo mercado externo, se mostra principalmente focado em produtos que atendam sua conveniência e que sejam práticos. De modo geral, confia na qualidade dos produtos industrializados, ao mesmo tempo em que prioriza sabor e variedade atrelados à constante busca por qualidade de vida.

A indústria de chocolate é destaque dentre as indústrias com maior número de produtos lançados a cada ano. Concorrência aliada à constante demanda por inovações fazem com que haja altos investimentos no desenvolvimento de novos tipos de chocolates e formulações. Entretanto, por ser comumente consumido, a produção de chocolate requer um bom conhecimento do seu consumidor, principalmente devido às variadas formulações existentes.

Os diferentes sabores e usos para o chocolate refletem a história da indústria dos diferentes lugares onde são fabricados. Muitos chocolates disponíveis no mercado são elaborados com ingredientes similares, basicamente compostos por misturas de açúcar, cacau, componentes lácteos e emulsificantes; porém apresentam sabores distintos. Os ingredientes utilizados na produção de chocolates e de seus produtos têm importante papel na aceitação pelo consumidor e na apresentação do produto. A composição precisa do chocolate varia em todo o mundo devido às diferenças de gostos e legislações, que se preocupam com as porcentagens de cacau e sólidos do leite adicionais, quantidade e tipos de gorduras vegetais permitidas. As gorduras encontradas no chocolate incluem a manteiga de cacau, a gordura do leite e gordura vegetal (Richter e Lannes, 2007; El-Kalyoubi *et al*, 2011).

Com vista à permanência e aumento de fatia do mercado, inúmeros estudos de melhorias do processo de fabricação vêm sendo feitos para desenvolver uma diversidade de tipos e sabores de chocolates, por meio de análise de mercado e atividades de pesquisa e desenvolvimento nas indústrias. Além disto, estes novos produtos têm sempre um

diferencial nutricional, como por exemplo, linha dietética, sem lactose, orgânica, enriquecida com minerais dentre outros (Viaene e Januszewska, 1999).

Buscar atender a este público que necessita de uma linha diferenciada de produtos é a justificativa da ampliação atual dos processos industriais. Uma alternativa para a formulação de novos chocolates é o uso de extratos vegetais como substitutos do leite animal, por exemplo, a utilização da noz de macadâmia, coco, aveia, arroz, na formulação. Dentre estes as sementes de macadâmia destaca-se por ser um produto regional.

A macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betch) é uma amêndoa de origem australiana, porém em pleno desenvolvimento no Espírito Santo, que apresenta sabor refinado e bastante apreciado no mercado internacional. Pode ser consumida crua, torrada ou no preparo de bombons finos. Já as amêndoas quebradas durante o processamento ou de qualidade inferior são utilizadas para extração de óleo de excelente qualidade, sabor apreciável e nutritivo, não tem colesterol e contém baixos valores de sódio e gorduras insaturadas (Pimentel, 2007; Jitngarmkusol *et al*, 2008).

Devido ao valor nutricional estimado da noz, rica em óleos naturais, carboidratos, proteínas, fibras, minerais e vitaminas, uma provável opção de produção de chocolate para pessoas intolerantes a lactose poderia ser obtida por meio da utilização do leite de macadâmia em substituição ao leite em pó.

A produção do chocolate passa por etapas que vão desde o processamento das sementes do cacau até etapas posteriores, no processamento do chocolate propriamente dito. Nos tratamentos preliminares, as operações consistem na fermentação, secagem e torrefação. Na produção do chocolate, a conchagem, que é a mistura dos componentes da formulação, e o refino são etapas importantes, visto que determinam a qualidade sensorial do produto final.

A secagem das sementes do cacau é a etapa intermediária do processamento do fruto para a produção de chocolate, estando entre a fermentação e a torrefação. Esta é a etapa que confere ao produto final as características de sabor e aroma. Deve ser muito bem conduzida,

pois, se lenta, pode favorecer o surgimento de fungos e conferir sabor desagradável, e se rápida, pode influenciar no desenvolvimento das características do produto final (Efraim *et al*, 2010).

A secagem ao sol é considerada como o melhor método para se obter o máximo desenvolvimento de sabor. As amêndoas são expostas ao sol até que a umidade atinja valores em torno de 8%b.u., objetivando, além de reduzir a umidade, tornar as amêndoas estáveis ao armazenamento e garantir a continuidade das reações químicas iniciadas na fermentação. É uma operação simples e largamente utilizada nas fazendas produtoras de cacau no Brasil (Efraim *et al*, 2010; Rodriguez-Campos *et al*, 2012).

O impacto da granulometria do açúcar ocorre quando é utilizado não dissolvido, cristais menores se dispersam mais rapidamente, podendo facilitar o processo ou a operação a que é submetido. Para serem imperceptíveis ao paladar, as partículas devem ter tamanhos entre 20 e 25 μm ; se menores, podem causar problemas no processamento posterior, já que aumentam as propriedades reológicas e o limite de escoamento; e, se maiores, proporcionam arenosidade ao chocolate (Oliveira *et al*, 2007).

OBJETIVOS

Desenvolver a formulação de um chocolate composto de extratos vegetais, livre de lactose e sem ingredientes de origem animal, de modo que o produto final apresente resposta sensorial viável. Reproduzir em laboratório a secagem solar em leito fixo das sementes de cacau provenientes das culturas do norte do Espírito Santo, de modo que sejam atingidos percentuais de umidade semelhantes aos do processamento nas barças das fazendas. Promover a moagem do açúcar usado na formulação dos chocolates, para determinar o tempo mínimo de refino do açúcar.

METODOLOGIA

Programação Linear

O que se busca com a programação linear é uma solução ótima pela definição de

um sistema linear, que atenda ao conjunto de especificações e restrições.

Foram determinadas formulações que atendessem às mesmas características (carboidratos, proteínas, gorduras, fibras e água) do produto padrão, um chocolate de leite de soja. Seus ingredientes básicos são açúcar, manteiga de cacau, massa de cacau, extrato de soja e lecitina de soja.

Determinadas as formulações pela resolução do sistema linear, dois procedimentos de conchagem foram seguidos: (1) sobre manta de aquecimento, em banho-maria, todas as quantidades dos ingredientes determinadas pela programação linear eram colocadas juntas em recipiente de inox e, com mixagem constante, esperava-se até que atingisse a temperatura de aproximadamente $70 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$; e (2) em procedimento de aquecimento como em (1), foi adicionada metade da massa de manteiga de cacau, os demais ingredientes, a outra metade da manteiga e o açúcar, esperou-se atingir também a temperatura de $70 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A próxima etapa após a mistura foi a temperagem. A massa de chocolate deve passar por ciclos de resfriamento e aquecimento a fim de estabilizar a formação de cristais de manteiga e açúcar. O resfriamento foi feito em pedra de granito, até que a temperatura atingisse em torno de $28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para não haver contato com o produto, as temperaturas foram medidas com termômetro infravermelho digital com precisão de $\pm 2,5\%$ da leitura.

Secagem das sementes de cacau

As amêndoas tiveram medida sua massa inicial em balança analítica, e após, foram dispostas em leito fixo com dimensões 33 cm por 23 cm, e deixadas secar ao sol até que a umidade atingisse por volta de 8%b.u. O método de secagem intermitente foi utilizado, sendo a massa do conjunto de sementes registrada em intervalos de tempo de 30 minutos durante vários dias. Um termômetro infravermelho digital Instrutherm®, com precisão de $\pm 2,5\%$ da leitura, foi utilizado para medir a variação de temperatura das sementes durante o processo. A umidade relativa e temperatura ambiente foram monitoradas durante os dias de secagem.

A determinação da umidade inicial foi realizada retirando-se uma amostra do lote e secando em estufa a 105 ± 3 °C por 24 horas, até que a massa da amostra se mantivesse constante. No mesmo procedimento determinou-se a massa de sólido seco. A diferença entre a massa da amostra e a massa seca corresponde à massa de água contida nas sementes. Desse modo, foram determinadas as umidades inicial e final pela Equação 1.

$$X = (M_u - M_s)/M_s \quad (1)$$

em que X é a umidade da amostra em porcentagem (b.s.), M_u é a massa da semente úmida, M_s é a massa da semente seca por 24 horas a 105 ± 3 °C (Lees, 1980).

A análise de imagens foi feita usando o software ImageJ® e foram determinadas as áreas projetadas das sementes.

Análise granulométrica do açúcar cristal

A moagem do açúcar cristal foi realizada em moinho de jarro SP Labor® de bolas de duas maneiras distintas. Primeiramente, foi inserido no jarro do moinho, o açúcar e 50 bolas de porcelana de 1,5 cm de diâmetro; a moagem foi realizada em 4 horas e a cada 30 minutos era retirada uma amostra de 50 g. As amostras foram peneiradas em conjunto de peneiras da série Tyler (9, 16, 32 e 60 Mesh) a fim de se determinar um perfil ou distribuição de redução granulométrica dos cristais de açúcar.

Posteriormente, por meio de planejamento estatístico com dois níveis e duas variáveis, foram realizados quatro experimentos de moagem de 6 horas. Da mesma forma, as amostras foram peneiradas no mesmo conjunto de peneiras da série Tyler.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Programação Linear

Tomando como base de cálculo 100 g do produto e com as informações nutricionais do fabricante do chocolate base ChocoSoy® e de cada ingrediente contidos na Tabela 1, pode-se desenvolver o sistema linear de Equações de 2 a 6.

Tabela 1 – Informações nutricionais do chocolate padrão ChocoSoy® e seus ingredientes, em %, base de 100 g.

	C	P	L	F	A
Padrão	56	5,2	32,8	2,8	3,2
Extrato de soja	19	43,3	26	1,67	10,03
Açúcar	99,3	0,5	--	--	0,2
Manteiga de cacau	--	--	100	--	--
Massa de cacau	9,5	30	45	--	15,5
Lecitina de soja	5	--	70	--	25

em que C, P, L, F e A são as porcentagens correspondentes de carboidratos, proteínas, lipídeos, fibras e água, respectivamente.

$$0,993a + 0,095c + 0,19e + 0,005s = 56 \quad (2)$$

$$0,005a + 0,3c + 0,433e = 5,2 \quad (3)$$

$$m + 0,45c + 0,26e + 0,7s = 32,8 \quad (4)$$

$$0,0167e = 2,8 \quad (5)$$

$$0,002a + 0,155c + 0,1003e + 0,25s = 3,2 \quad (6)$$

em que, a é a massa de açúcar; m , a de manteiga de cacau; c , a de massa de cacau; e , a de extrato de soja e s , a de lecitina de soja.

A resolução do sistema linear de Equações de 2 a 6 permitiu obter formulações diferentes, de acordo com a função objetivo, que era manter as mesmas quantidades nutricionais do padrão, e as restrições que eram impostas. Para cada nova formulação obtida, foi confeccionada uma amostra do chocolate, sendo realizados 11 testes com diferentes restrições sobre a quantidade de sólidos de cacau, uso de líquido de cacau ou cacau em pó, tipo de açúcar, quantidades de açúcar e macadâmia, uso de líquido de cacau industrial ou artesanal e procedimento de mistura.

Para cada formulação encontrada foram elaborados, em laboratório, chocolates que tiveram características como umidade, untuosidade, temperatura de derretimento, avaliadas; os testes 8 e 9 demonstraram apresentar resultados mais satisfatórios em relação aos outros testes, conforme apresentado na Figura 1.

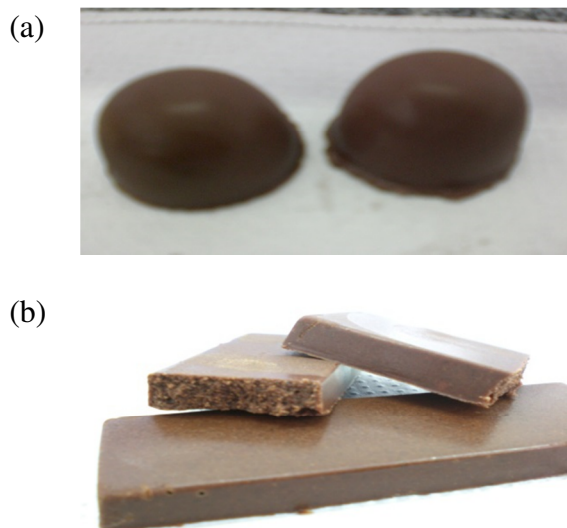


Figura 1 - Chocolates fabricados em laboratório após programação linear, sendo (a) referente ao teste 8 e (b) ao teste 9.

Secagem das amêndoas de cacau

As sementes de cacau foram secas por radiação solar em leito fixo, sendo a massa do lote medida em intervalos de 30 minutos. A secagem se procedeu por 76 horas e, ao final do processo, a umidade das sementes de cacau atingiu aproximadamente 8,9%b.u., sendo que no início a umidade estava em 52,9%b.u.

Com o procedimento de determinação das umidades inicial e final, foram também determinadas as umidades em cada pesagem, sendo possível determinar a curva de secagem solar para as amêndoas de cacau, conforme mostra a Figura 2.

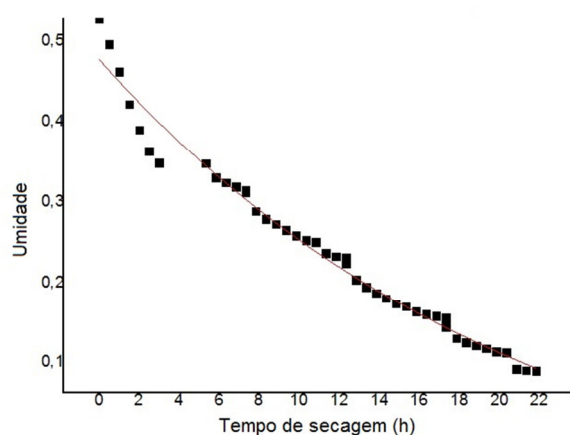


Figura 2 – Umidade em função do tempo de secagem para o lote de sementes de cacau.

Complementar ao processo de secagem foi realizada a análise de imagens utilizando o software ImageJ®. Em cada tomada de massa

a cada 30 minutos, foram escolhidas duas unidades de sementes ao acaso que foram fotografadas. Essas sementes tiveram medidas pelo *software* a área superficial projetada, ficando evidente a redução desse fator, de acordo com a Figura 3.

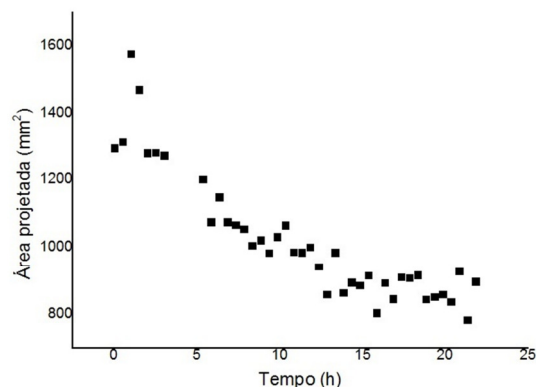


Figura 3 - Área projetada das sementes de cacau em função do tempo de secagem.

Análise granulométrica do açúcar cristal

Após demonstrar que o açúcar proporcionava aos chocolates fabricados uma textura arenosa, foi realizada moagem em moinho de bolas do açúcar cristal durante 6 horas.

O maior diâmetro das bolas utilizado foi de 3 cm e o menor, 1,5 cm. No que diz respeito à quantidade de bolas, a maior foi de 50 e a menor de 30.

Em cada experimento foi calculado o diâmetro médio de Sauter, utilizando peneiras da série Tyler de 9, 16, 32 e 60 Mesh, e os resultados estão reunidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Diâmetro médio de Sauter para as partículas de açúcar após a moagem, em μm .

Experimento	Diâmetro médio de Sauter
1	148,15
2	323,46
3	288,79
4	249,91

A maior redução de diâmetro médio das partículas de açúcar foi obtido para o experimento 1. Entretanto, a moagem deve ser executada em tempos maiores do que 6 horas, visto que a redução, apesar de atingir melhores resultados, ainda não atingiu o tamanho de partícula recomendado.

CONCLUSÃO

Tendo em vista que todas as formulações para o chocolate composto de extrato de macadâmia, isento de lactose e sem nenhum ingrediente de origem animal, que foram desenvolvidas, ficou demonstrado que a macadâmia é promissora como substituta ao leite na produção de chocolates especiais, visto que, com as restrições aplicadas neste estudo e, sabendo ainda que as formulações são passíveis de posterior melhoramento, foram obtidas duas formulações com respostas aceitáveis.

O método de mistura 2 é o mais adequado na produção de chocolates, visto que as amostras consideradas satisfatórias pela análise sensorial, pois obtiveram melhores resultados perante às características analisadas.

A secagem de sementes de cacau por radiação solar, em leito fixo, por 76 horas atingiram aproximadamente 8,9%b.u. de umidade, conforme o que é realizado nas fazendas produtoras de cacau. Isso foi demonstrado que esta etapa, apesar de simples, é de suma importância para o resultado do produto final.

Além disso, a umidade atingida proporciona que as sementes sejam armazenadas ou que sejam utilizadas no processamento de chocolates especiais, como foi realizado posteriormente.

Como forma de aprimoramento do protótipo desenvolvido, a moagem do açúcar cristal em moinho de bolas mostrou-se também adequada. O refino do açúcar deve, então, ser realizado em tempos superiores a 6 horas de moagem para que se atinja um diâmetro de partícula adequado às características exigidas na produção de chocolate, sendo possível ser finalizada nas etapas de conchagem e refino.

REFERÊNCIAS

- EFRAIM, P., PEZOA-GARCÍA, N. H., JARDIM, D. C. P., NISHIKAWA, A., HADDAD, R., EBERLIN, M. N. “Influência da fermentação e secagem de amêndoas de cacau no teor de compostos fenólicos e na aceitação sensorial”. *Ciência e Tecnologia em Alimentos*. v. 30. supl. 1. Campinas, maio, 2010.
- EL-KALYOUBI, M., KHALLAF, M. F., ABDELRAHMAN, A., MOSTAFA, E. M. Quality characteristics of chocolate: containing some fat replacer. *Anais de Ciência Agrícola. Faculdade de Agronomia, Universidade Ain Shams, Cairo*, 2011.
- JITNGARMKUSOL, S., HONGSUWANKUL, J., TANANUWONG, K. Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted macadamia flours. *Departamento de Tecnologias de Alimentos, Faculdade de Ciências, Universidade de Chulalongkorn, Bangkok*, 2008.
- LEES, R. Analisis de Los Alimentos: Métodos Analíticos Y de Control de Calidad. 2 Ed, Editorial Acribia, Zaragoza, Espanha, 1980.
- OLIVEIRA, D.T., ESQUIAVETO, M. M. M., SILVA JÚNIOR, J. F. “Impacto dos itens da especificação do açúcar na indústria alimentícia”. *Ciência e Tecnologia em Alimentos*. v. 27. Campinas, 2007.
- PIMENTEL, L. D. “A cultura da macadâmia”. *Revista Brasileira de Fruticultura*. v. 29. n. 3. Jaboticabal, 2007.
- RICHTER, M., LANNES, S. C. S. “Ingredientes usados na indústria de chocolates”. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. v. 43. n. 3. Jul/Set, 2007.
- RODRIGUEZ-CAMPOS, J., ESCALONA-BUENDÍA, H. B., CONTRERAS-RAMOS, S. M., OROZCO-AVILA, I., JARAMILLO-FLORES, E., LUGO-CERVANTES, E. “Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa”. *Food Chemistry*. v. 132. Mai, 2012.
- VIAENE, J., JANUSZEWSKA, R. “Quality function deployment in the chocolate industry”. *Food Quality and Preference*. v. 10. Jul, 1999.

AGRADECIMENTOS

Ao PIBIC-UFES, pela bolsa concedida.