

AUTORES
AUTHORS

Regiane Barbieri Mazzoni ROMÃO
Fábio YAMASHITA

✉ **Marta de Toledo BENASSI**

Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos
Centro de Ciências Agrárias
Universidade Estadual de Londrina
Caixa Postal 6001, CEP 86051-970 Londrina-PR
E-mail: martatb@uel.br

José Humberto SOARES

Dori Alimentos Ltda. Av. Itamaraty, 1324 – Rolândia-PR

RESUMO

O trabalho teve como objetivo propor uma técnica simples e de baixo custo para avaliação instrumental da cristalização em balas duras. A cristalização da sacarose em balas duras é indesejável por comprometer a cor, textura e estabilidade do produto. Para produtos que não apresentam uniformidade na cor da superfície, como a bala cristalizada, medidas pontuais podem exigir um grande número de determinações e ainda não representar as características do produto de forma adequada. Deve-se considerar também que a superfície do produto não é lisa, o que dificulta o contato com os sensores de medida de equipamentos tradicionais. Balas duras produzidas industrialmente foram armazenadas por até 50 dias a 35°C e a 45°C, considerado um teste acelerado de vida-de-prateleira. Foram analisados a cor e o halo de cristalização das balas, utilizando imagens digitalizadas obtidas por escâner de mesa. Para avaliação da cor, imagens da superfície foram convertidas para parâmetros do sistema CIELAB. Para medida do halo de cristalização, foram utilizadas imagens dos cortes longitudinais. A avaliação das imagens digitalizadas permitiu verificar alterações de cor e do halo de cristalização das balas ao longo da armazenagem. A cristalização aumentou ao longo do tempo e mais rapidamente sob temperatura de armazenagem mais alta, o mesmo tendo ocorrido com os valores de luminosidade (L^*) e tonalidade cromática (H^*). A avaliação em conjunto do halo de cristalização e da medida da cor superficial através das imagens digitais, mostrou-se uma ferramenta adequada para acompanhar o processo de cristalização em balas duras durante a vida-de-prateleira do produto.

SUMMARY

This work proposes a simple, low cost instrumental technique to evaluate crystallization in hard candies. Sucrose crystallization is undesirable in hard candies due to changes in colour, texture and product stability. Products not presenting uniformity of surface colour, such as crystallized hard candy, require a great number of accurate measurements and may still not adequately represent the characteristics of the product. It must also be remembered that the surface of the product is not smooth, making contact with the lens of traditional colorimeters difficult. Hard industrially produced candies were stored for up to 50 days at 35°C and at 45°C, considered as an accelerated shelf-life test. The colour and the crystallization halo of the hard candies were analysed using digitalized images from a table scanner. The surface images were converted to the parameters of the CIELAB system to evaluate the colour. The crystallization halos were measured from longitudinal cuts of the hard candies. Evaluation of the digitalized images allowed for verification of the alterations in colour and in the crystallization halo of the hard candies during storage. Crystallization increased with storage time, more rapidly at the higher temperature, the same occurring for the values of brightness (L^*) and hue (H^*). The simultaneous evaluation of the crystallization halo and the measurement of surface colour using the digital images was a useful tool to follow the crystallization process in hard candies during the product shelf life.

PALAVRAS-CHAVE
KEY WORDS

Cor; Luminosidade; Tonalidade Cromática; Vida-de-prateleira; Teste Acelerado; Escâner de Mesa.

Colour; Brightness; Hue; Shelf Life; Accelerated Test; Table Scanner.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de balas e confeitos, atrás apenas dos EUA e Alemanha, tendo exportado, em 2004, 153.000 toneladas para 144 países, gerando divisas de R\$ 161 bilhões (FUJII & SALGUEIRO, 2005). A bala dura é um produto preparado à base de açúcares e adicionado de substâncias que o caracterizam, como corantes, ácidos e aromatizantes. Deve apresentar aspecto brilhante, vítreo, translúcido e seco, sem cristalização, nem aderência à embalagem (MINIFIE, 1989). No Brasil, a formulação mais utilizada é de 60% de sacarose e 40% xarope de glicose (FADINI *et al.*, 2000). O xarope de glicose controla a cristalização da bala, inibindo ou retardando a migração dos cristais de sacarose, o que impede a formação de cristais grandes e o aparecimento da camada opaca na superfície (ALMEIDA, 1996). Para balas duras, com 2 a 3% de umidade, a temperatura de transição vítrea (T_g) é relativamente alta (40-50°C), indicando pequena probabilidade de cristalização à temperatura ambiente (NOWAKOWSKI & HARTEL, 2002). Segundo LEES & JACKSON (1999), a umidade relativa de equilíbrio para balas duras é de 30%, o que as torna, portanto, bastante propensas à sorção de umidade. Caso haja aumento da umidade, ocorrerá redução da T_g e a cristalização será favorecida (HARTEL, 2001).

TEIXEIRA NETO *et al.* (1993) definem vida-de-prateleira como o tempo em que o alimento pode ser preservado em determinadas condições (temperatura, luz, umidade relativa) sofrendo pequenas, mas bem estabelecidas alterações, consideradas aceitáveis pelo fabricante, consumidor e legislação vigente. Para balas duras, a maioria das indústrias preconiza vida útil de 2 anos. Em estudos de vida-de-prateleira é essencial armazenar as amostras à temperatura e umidade controladas. Em testes acelerados, trabalha-se usualmente com variações de temperatura e/ou umidade relativa acima do padrão normal (LABUZA, 1982).

A cristalização é usualmente acompanhada pelo surgimento de aderência superficial e avança da superfície para o centro da bala, causando perda de sabor (HARTEL, 2001). Armazenamento e transporte em condições quentes e úmidas favorecem a cristalização, reduzindo a vida-de-prateleira. Apesar da importância desse fenômeno, não foi encontrada na literatura uma técnica simples para acompanhar a velocidade de cristalização. FADINI *et al.* (2000) mencionaram que a cristalização poderia ser avaliada medindo-se o halo de cristalização nas bordas de um produto cortado longitudinalmente.

Visualmente, uma indicação de que a bala estaria cristalizada seria a alteração de cor do produto. A cor é uma característica determinante para aceitação ou rejeição de produtos pelos consumidores mas, muitas vezes, esse parâmetro não é devidamente estudado, pela necessidade de equipamentos específicos e pelo preço elevado. Se a superfície do produto não é uniforme com relação à cor, como ocorre num processo de cristalização, medidas pontuais podem exigir um grande número de determinações e/ou não ser representativas. No caso de bala dura, além dessa dificuldade, a superfície do produto não é lisa, dificultando o contato com os sensores de medida. Como alternativa aos instrumentos tradicionais, a combinação de um digitalizador de imagens, computador

e software adequado poderia permitir uma análise de baixo custo e versátil (PAPADAKIS *et al.*, 2000). SACHS *et al.* (2001) desenvolveram um aplicativo para ler, pixel a pixel, cores de área pré-selecionada de imagem digitalizada e convertê-las a valores RGB médios.

SACHS *et al.* (2002) utilizaram imagens digitalizadas em escâner e um software de reconhecimento de imagens para medir a cor de misturas de açúcar cristal e mascavo. Comparando os resultados com os obtidos pelo método oficial (ICUMSA), observou-se correlação de 99% ($p < 0,01$) entre os métodos. Com as imagens digitais observou-se correlação linear entre o teor de açúcar mascavo e a cor numa faixa de medição mais ampla que a do método oficial. OLIVEIRA *et al.* (2003), trabalhando com dez amostras de pudins de chocolate, utilizaram câmara digital para obtenção das imagens e compararam os resultados com os obtidos por um colorímetro Minolta CR-10. Apesar dos valores numéricos absolutos serem diferentes, até pela própria geometria dos ângulos de iluminação e leitura, os métodos permitiram conclusões semelhantes, indicando a viabilidade do emprego da técnica digital para utilização com fins comparativos.

O trabalho teve como objetivo propor uma técnica rápida e de baixo custo para avaliação instrumental de cristalização em balas duras, usando imagens digitais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Balas duras estampadas foram produzidas em linha industrial da Dori Alimentos Ltda (Rolândia, PR). Como ingredientes, foram utilizados sacarose, xarope de glicose, acidulante ácido cítrico, corante amarelo crepúsculo e aroma natural de tangerina. As balas foram formadas por prensagem em estampadores rotativos, o que possibilita a formação de núcleos de cristalização em razão do grande trabalho mecânico sobre a massa, durante as etapas de formação do bastão, trefilação e estampagem final.

As balas foram embaladas unitariamente com envoltórios de polipropileno-torção. As balas embaladas foram empacotadas em sacos de polipropileno laminado (200 g) e os sacos acondicionados em caixas de papelão ondulado com capacidade para 30 sacos.

O produto inicial apresentou pH de 3,8 e umidade de 3,0% e durante todo o período de armazenamento não foram observadas alterações significativas nesses parâmetros. As amostras foram armazenadas em câmaras climatizadas a temperaturas de 35°C e 45°C com umidade relativa entre 23 e 25% por 50 dias. Na escolha das condições, optou-se por uma temperatura pouco superior a ambiente (35°C) e outra mais elevada (45°C), descrita como próxima à de transição vítrea por NOWAKOWSKI & HARTEL (2002). As análises foram realizadas no início da armazenagem (tempo 0) e nos tempos de 7, 21, 35 e 50 dias.

2.2 Análise das Imagens

Foram tomadas imagens digitais da superfície das balas e de cortes longitudinais (triplicata). Utilizou-se um escâner “ColorPage - Vivid3X EPP” (Kye International Corp.) com resolução ótica de 600x1200 pontos por polegadas, empregando-se o software para edição de imagens “Presto Page Manager”. Como condições de operação foram empregadas: resolução de 200 pontos por polegada, brilho 70%, contraste 50% e profundidade de 48 cores. No programa “Microsoft® Editor” foi selecionada uma área da região central da bala (20 mm² x 7mm²) para análise.

A análise dos parâmetros de cor foi realizada conforme descrito por OLIVEIRA *et al.* (2003). As imagens foram convertidas a valores RGB médios empregando-se o programa “Conversor em cor média RGB para imagens BMP” (SACHS *et al.*, 2001). Posteriormente, os dados foram convertidos para o sistema CIELAB pelo programa “Munsell Conversion” (COLORPRO, 2005) obtendo-se valores de L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b*(componente amarelo-azul). Os parâmetros tonalidade cromática (H*) e croma (C*) foram calculados conforme as equações 1 e 2.

$$H^* = \arctang(b^*/a^*) \quad (1)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (2)$$

Para avaliação do halo de cristalização das amostras utilizou-se a imagem dos cortes (Figura 1). No programa “Microsoft® Paint” foram medidos, no sentido longitudinal, o tamanho em centímetros da bala e a distância referente à parte não cristalizada. O halo de cristalização (Hc) foi calculado pelas equações 3 e 4.

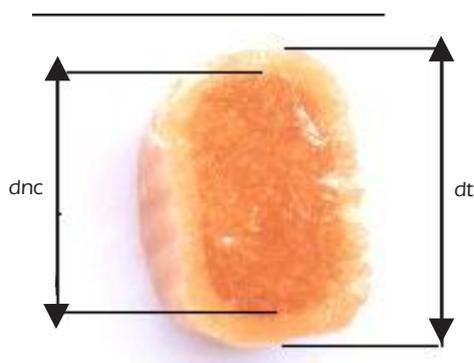


FIGURA 1. Corte longitudinal para cálculo do halo de cristalização.

$$dc = dt - dnc \quad (3)$$

$$Hc = \frac{(dc/2)}{dt} \times 100r \quad (4)$$

dc = distância cristalizada (cm)

dt = distância total (cm)

dnc = distância não cristalizada (cm)

Hc = halo de cristalização (%)

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A Figura 2 mostra as imagens digitais que foram selecionadas para avaliação de cor, e dos cortes transversais, em que pode ser observada a formação do halo de cristalização. A cristalização tornou-se mais evidente com o tempo prolongado de armazenamento e com altas temperaturas de estocagem. Após 50 dias, as balas armazenadas a 45°C apresentavam um halo maior do que as armazenadas a 35°C (Figuras 2 e 3).

Condição de armazenamento	Vista frontal	Corte transversal
Tempo 0		
50 dias / 35°C		
50 dias / 45°C		

FIGURA 2. Imagens digitais para avaliação de cor (vista frontal) e formação do halo de cristalização (corte transversal) das balas armazenadas a 35°C e 45°C.

Até 7 dias de armazenamento nenhuma bala apresentava halo de cristalização. Após 21 dias, as balas começavam a apresentar halo e com 50 dias de armazenamento este halo já representava 5,5% na temperatura de 35°C e 7,5% a 45°C (Figura 3).

Entre os parâmetros de cor estudados (a*, b*, L*, H* e C*), a luminosidade e a tonalidade cromática foram os que permitiram melhor discriminação entre os tratamentos.

Os valores de L*, inicialmente de 76 ± 2, aumentaram com o tempo. Nos tempos de 7 e 21 dias, as balas a 45°C apresentavam cor mais escura do que as armazenadas a 35°C. Observou-se após 50 dias, aumento na luminosidade, sendo os maiores valores de L* (83 ± 2) observados a 45°C, em que a formação do halo cristalizado ao redor da bala foi maior.

Para H*, observou-se valores iniciais de 68 ± 2 e após 21 dias, as balas a 45°C apresentaram tonalidade mais avermelhada (64 ± 5) do que a do produto a 35°C (69 ± 5). Após 50 dias de armazenamento, foram registrados valores mais elevados de H* em relação aos iniciais em ambas temperaturas, indicando amarelecimento do produto, o qual foi mais intenso naqueles mantidos a 45°C (77 ± 4).

Para amostras armazenadas a 35°C, as alterações nos parâmetros de cor da superfície da bala devido a cristalização, somente foram observadas após o processo já estar avançado (35 dias, 3,8 ± 0,4% de halo de cristalização), quando as elevações nos valores de L* e H* indicaram que as amostras estavam mais amarelas e esbranquiçadas em comparação com a condição inicial.

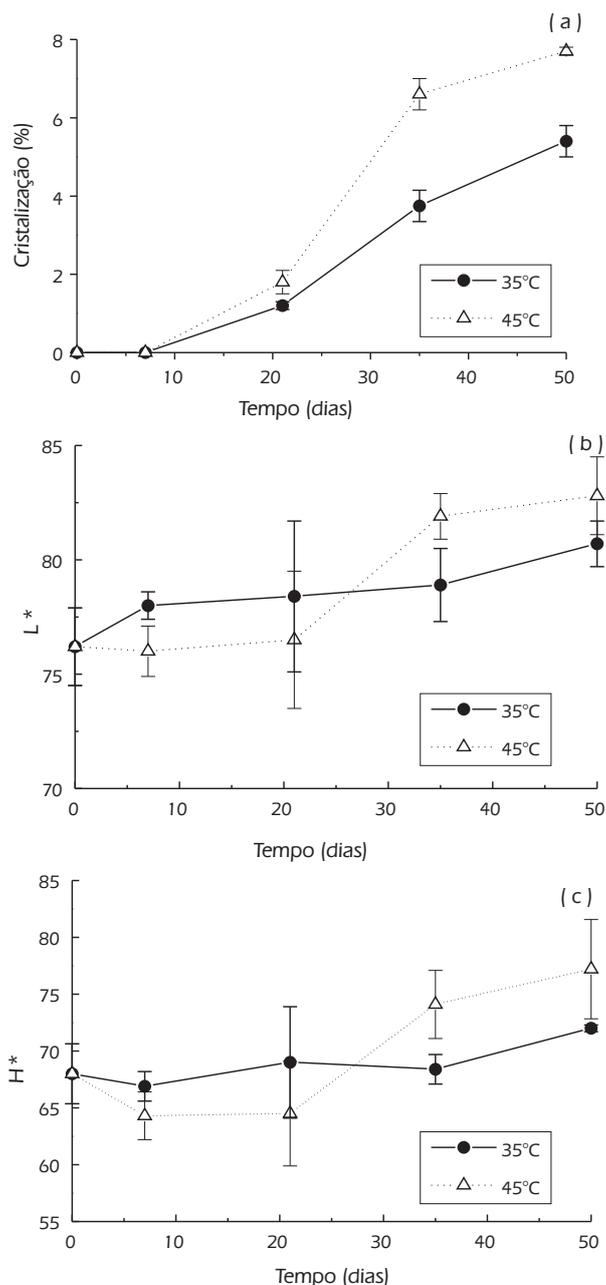


FIGURA 3. Cristalização (a), luminosidade (b) e tonalidade cromática (c) das balas armazenadas por 50 dias a temperaturas de 35°C e 45°C.

Para as balas armazenadas a 45°C (próximo a Tg), no início da cristalização, entre 7 e 21 dias, houve alterações tanto de L* quanto H*, indicando escurecimento e avermelhamento das amostras. O aumento de mobilidade associado à transição vítrea provavelmente favoreceu a cristalização e a oxidação do corante amarelo crepúsculo. Assim, durante esse período outras alterações no produto mascararam a cristalização, a qual só se tornou evidente pela alteração da cor superficial após 35 dias (halo de cristalização de $6,6 \pm 0,4\%$), com as elevações nos valores de L* e H*.

A medida direta do halo nas imagens mostrou-se eficiente para identificar e avaliar a velocidade do processo de cristalização, podendo ser aplicada no controle de qualidade do produto. Além disso, essa mesma imagem poderia ser utilizada, em caso de interesse, para uma análise mais específica calculando-se as áreas totais cristalizadas, uma vez que o software permite, através da contagem de pixels, determinar áreas de imagens com contornos irregulares (SACHS *et al.*, 2004).

Como o consumidor avalia a cristalização pela aparência das balas, é importante conhecer a relação entre a formação do halo e a alteração nos parâmetros de cor. Se julgar necessário, a indústria poderá alterar a relação sacarose/xarope de glicose e assim retardar o processo de cristalização.

Considera-se, portanto, que a avaliação em conjunto da cor superficial e do halo de cristalização empregando imagens digitais mostrou-se uma ferramenta adequada para acompanhar o processo de cristalização em balas duras durante a vida-de-prateleira do produto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Dori Alimentos Ltda. pela elaboração do produto, e a CAPES pela bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. P. Aplicação de amido de milho e xaropes de glicose na fabricação de balas de goma. *In: Anais do Seminário de Industrialização de Balas e Confeitos de Goma*, Campinas, Brasil: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1996. p. 1-7.
- FADINI, A. L. *et al.* Utilização de xarope com alto teor de maltose na fabricação de balas duras. *Engenharia de Alimentos*, v. 31, n. 6, p. 36-40, 2000.
- FUJII, F.; SALGUEIRO, S. É meio go!! *Doce Revista*, v. 132, p. 26-29, 2005.
- HARTEL, R. W. *Crystallization in foods*. Aspen: Gaithersburg, 2001, p. 130-170.
- LABUZA, T. P. *Shelf-life dating of foods*. Connecticut: Food & Nutrition Press, 1982. p. 500-508.
- LEES, R.; JACKSON, B. B. *Sugar confectionery and chocolate manufacture*. Great Britain: St. Edmundsbury Press Limited, 1999. p. 379.
- MINIFIE, B. W. *Chocolate, cocoa and confectionary: Science and technology*. 3 ed. London: Longman Group, 1989. p. 904.
- MUNSELL. *Munsell Conversion*. Disponível em: <<http://www.munsell.com/downloadcenter.htm>>. Acesso em 25 de agosto de 2005.
- NOWAKOWSKI, C. M.; HARTEL, R. W. Moisture sorption of amorphous sugar products. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 67, n. 4, p. 1419-1425, 2002.

OLIVEIRA, A. P. V. *et al.* Medida instrumental de cor em sobremesas lácteas de chocolate: uma técnica de baixo custo e versátil utilizando câmara digital. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 191-196, 2003.

PAPADAKIS, S. E. *et al.* A versatile and inexpensive technique for measuring color of food. **Food Technology**, v. 54, n. 12, p. 48-51, 2000.

SACHS, L. G. *et al.* **Conversor em cor média RGB para imagens BMP**. 2001. Disponível em: <http://geocities.yahoo.com.br/SH2.zip>. Acesso em 25 de março de 2005.

SACHS, L. G. *et al.* Método alternativo para determinação de cor em açúcares. *In: Anais do XVIII Congresso Brasileiro de*

Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, Brasil, 2002. CD-ROM.

SACHS, L. G. *et al.* Determinação de áreas irregulares a partir de imagens digitalizadas. **Revista Eletrônica Ciências, Natureza e Arte**, v. 1, n. 1, p. 7-9. 2004. Disponível em: <<http://64.233.161.104/search?q=cache:KXcl5ocCklAJ:www.globalonline.com.br/recien/numero/v1n1a02.pdf+sachs+cor+FFALM&hl=pt-BR>>. Acesso em 25 de março de 2005.

TEIXEIRA NETO, R. O. (Ed). **Manual Técnico n. 6: Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. Campinas: ITAL / Rede de Informação de Tecnologia Industrial Básica, 1993. p. 1-26.