



ACOMPANHAMENTO DA FORMAÇÃO DE CRISTAIS DE GELO DURANTE O CONGELAMENTO DE FRUTAS TROPICAIS

Candidato: Mariana Ramos da Silva Santos RA 221886
Graduação em Engenharia de Alimentos, UNICAMP

Orientadora: Profa. Dra. Ana Sílvia Prata

Campinas – SP
Outubro de 2020

1. OBJETIVOS DO PROJETO

O presente projeto faz parte de um estudo sobre composição, processamento e produto. O mesmo tem como objetivo principal estudar a formação de cristais de gelo em operações de congelamento e as alterações causadas na conformação dos mesmos devido a variações térmicas e composicional.

Este trabalho de Iniciação científica complementa as informações sobre o comportamento de fusão de duas amostras: uma com alto teor de sólidos insolúveis (araçá) e outra com baixo teor de sólidos insolúveis (pitanga), cujas temperaturas de fusão já foram determinadas. Assim, através da análise microscópica da transição de fases de fusão espera-se confirmar os valores obtidos por calorimetria diferencial de varredura (DSC). Outro objetivo é obter dados da cinética de cristalização da água para complementar os diagramas de estado.

2. O PROJETO

Mesmo contribuindo com a preservação de alimentos, diminuindo a atividade enzimática e microbiológica, a aplicação de baixas temperaturas deve ser controlada, uma vez que essas condições térmicas podem ter um efeito indesejável na textura do produto, alterando a sua qualidade sensorial (COLLA; PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2003).

A cristalização é um processo causado pela redução de temperatura ou evaporação da fase líquida, e o mesmo ocorrem em duas etapas. A nucleação é a primeira etapa, e se baseia no surgimento de núcleos que se aglomeram em cristais de gelo. Na segunda etapa ocorre o crescimento desses cristais (COSTA; ANDRADE, 2014).

A taxa de congelamento tem influência direta no tamanho de cristais formados e a temperatura final está relacionada com a fração de cristais de gelo e com a estabilidade do produto, que depende da temperatura máxima de concentração (T_g'). Além disso, a presença de solutos em solução de água pura interfere de forma significativa nas características dos cristais de gelo formados e reduz a temperatura de formação dos mesmos (CARNEIRO; VIDAL; 2000).

Quanto menor a taxa de resfriamento de uma solução, maior será o tamanho dos cristais de gelo formados pela mesma, afetando a qualidade do produto processado. Em condições lentas de congelamento, o excesso de tempo para a formação de cristais de gelo favorece a remoção de água intracelular, a qual participa do processo de

cristalização e, conseqüentemente, confere dimensões maiores para os cristais de gelo formados. Esses cristais maiores são responsáveis por alterações sensoriais indesejáveis no alimento, uma vez que são capazes de romper sua parede celular, liberando diversos compostos que desencadeiam reações indesejáveis (HALÁSZ et al., 1980).

Em oposição, a qualidade do produto é mantida quando o mesmo é submetido a rápidas taxas de cristalização, já que nessa condição cristais de gelo são formados em regiões intra e intercelulares, com dimensões menores que não causam grandes alterações finais. Nessas condições, quando descongelados, esses produtos contêm estrutura celular próxima a original. (NEVES FILHO, 1991).

A recristalização é um processo resultante de más condições de estocagem e transporte de produtos congelados, o qual resulta em cristais diferentes dos desejados e interfere na qualidade sensorial do produto final. Cristais menores são termodinamicamente instáveis, dado que a alta relação superfície-volume faz com que o cristal tenha um excedente de energia livre. Quando passado por uma segunda cristalização, a fim de liberarem esse excesso de energia, os cristais pequenos se modificam e, como resultado, a quantidade de cristais de gelo diminuem enquanto o tamanho dos cristais aumenta, visto que cristais menores se unem, se tornando termodinamicamente estáveis (ZARITZKY; 2006).

Com base no exposto, o presente projeto trabalhou com diversas situações experimentais a fim de estudar e comprovar experimentalmente todas as informações teóricas obtidas na literatura. Em outras palavras, as metodologias desenvolvidas tem como objetivo simular diferentes situações de variações de temperaturas-taxas, temperaturas finais e tempo de "holding" em cada temperatura, e observar em microscópio a temperatura de formação dos cristais de gelo bem como forma dos cristais formados.

3. RESULTADOS

Como dito anteriormente, o monitoramento da taxa de congelamento é necessário visto sua forte relação com o tamanho do cristal. Quando cristais são formadas a taxas lentas, os mesmos apresentam extensão maior e são responsáveis por um possível rompimento celular dos vegetais, por exemplo. Nesse processo, a água externa as células congela primeiro, causando um efeito de desidratação no interior das células devido a diferença da relação água-soluto entre os dois ambientes, fenômeno também conhecido como osmose (ZARITZKY; 2006). O aumento da taxa de formação dos

cristais é inversamente proporcional aos tamanhos dos cristais formados durante a cristalização. Ou seja, quanto mais rápido a redução da temperatura até a cristalização, menores são os cristais formados e, conseqüentemente, menores os danos celulares (HENSE, 1990).

Com o projeto foi possível comprovar na prática a cinética de formação dos cristais em diferentes condições térmicas. Com o auxílio do software foi possível o registro de imagens que representam os cristais formados em diferentes taxas de temperatura (Imagens 1, 2 e 3). Cristais menores são percebidos na cristalização em uma taxa rápida, e ao diminuir essa taxa para 25 oC/min, de modo geral, os cristais são consideravelmente maiores e distribuídos de forma contínua. O processo de cristalização a uma taxa lenta em comparação às outras executadas, resultou em cristais maiores do que nas demais condições. Vale ressaltar que nem todos os cristais resultantes de uma mesma transformação de fase são iguais em formato e tamanho.

A qualidade das imagens indica que um sistema muito concentrado foi utilizado. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se o uso de sistemas diluídos para facilitar a visualização da influência dos açúcares na formação dos cristais de gelo de água.



IMAGEM 1 - Amostra de Pitanga formulada com 9,6 °Brix – 50°C/min

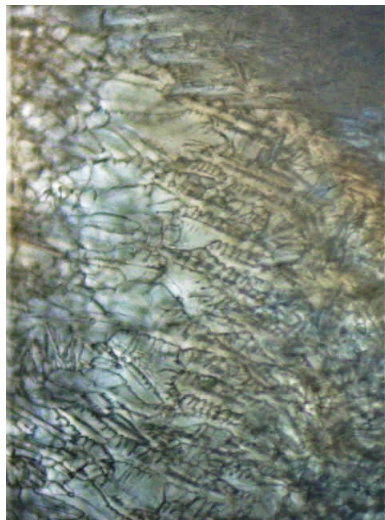


IMAGEM 2 - Amostra de Pitanga formulada com 9,6°Brix – 25°C/min

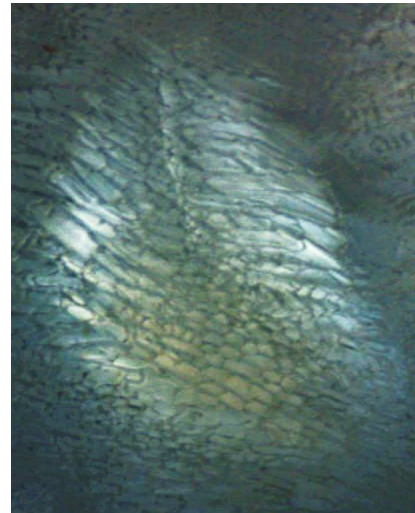


IMAGEM 3 - Amostra de Pitanga formulada com 9,6°Brix – 1°C/min

4. CONCLUSÃO

Foi possível comprovar a dependência do tamanho de cristais com sua taxa de formação, mesmo com qualidade microscópica ruim. Em pequenas taxas de congelamento, os cristais de gelo são formados em espaços intercelulares e são diametralmente maiores. Com o aumento dessa taxa de resfriamento, os cristais passam a ser formados em regiões intracelulares, em maior quantidade e tamanho reduzido.

A diferença entre as temperaturas iniciais de cristalização para cada concentração e os dados obtidos em calorímetro diferencial (não mostrados) pode estar relacionada à concentração utilizada. Sistemas muito concentrados em sólidos impedem que a água, livre possa ser cristalizada.

5. REFERÊNCIAS

- CARNEIRO, Clécia Silva; CAL-VIDAL, José. Estruturação de cristais de gelo em soluções aquosas contendo solutos diversos. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.35, n.2, p.423-432, fev. 2000.
- COLLA, Luciane Maria; PRENTICE-HERNÁNDEZ, Carlos. Congelamento e descongelamento – sua influência sobre os alimentos. 2003. 14f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2003.
- COSTA, I. S.; ANDRADE, F. R. D. Experimentos didáticos de cristalização. Universidade de São Paulo. *TERRÆ DIDÁTICA* 10-2:91-104. 2014.
- HALÁSZ, L.; PINHEIRO, C. P.; ARAÚJO FILHO, E. N.; SATO, G. T.; YOSIMURA, I. Y.; TAYAR, Y.; LACERDA, R. *Refrigeração*. São Paulo: Secretaria de Indústria e Comércio, Ciência e Tecnologia. Coordenadoria da indústria e comércio. 200p. 1980.
- HENSE, Haiko. Avaliação dos parâmetros termofísicos e cinética de congelamento de cação. 1990. 191f. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, São Paulo. 1990.
- NEVES FILHO, L. C. *Resfriamento, Congelamento e Estocagem de Alimentos*. São Paulo: IBF/ABRAVA/SINDRATAR, 176P. 1991.
- ZARITZKY, N. *Handbook of Frozen Food Processing and Packaging*. Contemporary Food Engineering Series - Second Edition. 2006.