



**ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E TERMOFÍSICAS DE BASES E
RECHEIOS DE FRUTAS.**

Paulo **Alves Júnior**¹; Monica Balzano **Ferreira**⁴, Fernanda Zaratini **Vissotto**³; Cristiane Rodrigues
Gomes **Ruffi**³, Sílvia Cristina Sobottka Rolim de **Moura**²

Nº 14229

RESUMO - *As tendências atuais de consumo sustentável e saudável, normalmente associadas ao consumo de frutas e vegetais, tem repercutido numa inserção crescente da utilização ou incorporação de frutas a produtos industrializados, prioritariamente pelo uso de bases ou preparados de frutas. A otimização de um processamento é dependente da presença de dados confiáveis e de fácil aquisição que permitam o dimensionamento correto do processo e dos equipamentos. Foram realizadas neste estudo as análises de amostras de bases e recheios de frutas encontrados comercialmente na região, visando a caracterização e obtenção de dados confiáveis quanto às propriedades físico-químicas, termofísicas e reológicas. Os dados foram coletados seguindo metodologias analíticas confiáveis e os resultados foram comparados com valores obtidos em literatura, quando disponíveis. A adequação a modelos matemáticos disponíveis em literatura também foi utilizada comparando os erros de previsão e observando um padrão que melhor representasse as amostras em sua totalidade.*

Palavras-chaves: *Bases de fruta; Recheios de Fruta; Reologia; Propriedades térmicas*

ABSTRACT- *Current trends of healthy and sustainable food, commonly associated with the consumption of fruits and vegetables, has resulted in an increase in the use of fruits incorporated in industrial food products, mainly by the use of fruit bases and purees. For the optimization of industrial processing, the existence of reliable and easy to acquire data that enables the achievement of the correct specifications for equipment and process. In this study analyses were made in samples of fruit bases and purees, commercially available in the region, with the aim of describing and obtaining reliable data from those samples in the fields of rheology, thermophysical properties and physicochemical parameters. The data was acquired using*

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas-SP; (pauloalvesjr@gmail.com)

2 Orientadora: Pesquisadora do FRUTHOTEC - Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas-SP; (smoura@ital.sp.gov.br)

3 Colaboradora: Pesquisadora do CEREAL CHOCOTEC - Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas-SP.

4 Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas-SP; (mo.balzanor@gmail.com)



trustworthy analytical procedures, and the results were compared with models of prediction available in literature . The appropriate mathematical models available in the literature were also used comparing errors in the prediction and a pattern that better represents the samples in their entirety was sought.

Key-words: Fruit Bases; Fruit Puree; Rheology; Thermophysical Properties

1 INTRODUÇÃO

Os preparados e bases de frutas são formulados prioritariamente de uma fonte de fruta (polpa, suco concentrado, fruta em pedaços, ou combinações destes), açúcar como forma de veículo e incorporador de sólidos, espessantes e estabilizantes. Com finalidade de padronização de produto também é comum incorporar corantes e aromatizantes. Bases e preparados são utilizados pela indústria de sobremesas, com ênfase maior na indústria de laticínios, sorvetes e confeitaria. Estes produtos têm a conveniência de uma padronização específica para o emprego do processo em questão, maior garantia da segurança alimentar, melhor homogeneidade de lotes de produção e melhor controle logístico e de estoque por parte da indústria.

O dimensionamento dos equipamentos utilizados no processamento de alimentos, principalmente aqueles que trabalham com bombeamento e fluidos sobre influência de temperatura, exigem dados precisos das propriedades térmicas dos produtos (densidade, condutividade térmica, difusividade térmica e calor específico) e de como essas propriedades se comportam durante o processo, em função da temperatura (MULVANEY, 2000).

As propriedades reológicas de alimentos têm um papel importante durante os processos de desenvolvimento, produção e processamento. Os processos industriais envolvem uso de diversas operações unitárias que se relacionam diretamente com as propriedades reológicas. O transporte de matérias é utilizado durante os diversos estágios de processamento ou na fase de envase por meio de bombeamento, bem como processos de agitação e homogeneização. O conhecimento do comportamento dos fluidos é necessário ao correto dimensionamento de instalações, processos, equipamentos e tubulações (MULVANEY, 2000).

Viscosidade é a propriedade física que caracteriza a resistência de um fluido ao escoamento, a uma dada temperatura. A dependência desta propriedade com a alteração de temperatura varia para cada material, e em geral, processos trabalham com diversas fases de temperatura, e o conhecimento da razão entre estas duas grandezas é o que permite manter um regime de processamento contínuo (RAO, 2006).



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

Fluidos newtonianos não alteram sua viscosidade aparente com a variação da taxa de cisalhamento. Fluidos não-newtonianos podem ser classificados conforme a variação de sua viscosidade aparente em função da taxa de deformação: Pseudoplásticos tendem a diminuir a viscosidade aparente conforme aumenta a taxa de deformação e os Dilatantes tendem a aumentar a viscosidade aparente conforme se aumenta a taxa de deformação (MULVANEY, 2000).

2 MÉTODOS E MATERIAIS

As análises foram desenvolvidas nas instalações do Instituto de Tecnologia de Alimentos, situado em Campinas-SP. Foram avaliadas cinco amostras distintas de preparados e bases de frutas obtidas comercialmente em indústrias da região.

As amostras foram analisadas em triplicatas com base em metodologias analíticas padrões.

Foram caracterizadas as propriedades físico-químicas por análises de pH, sólidos solúveis, atividade de água e cor instrumental. As análises de pH, sólidos solúveis e atividade de água foram realizadas de forma direta, por equipamentos específicos, calibrados e conforme o sumário pelas normas oficiais (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). Foram também realizadas análises de cor instrumental das amostras, num período de 120 dias, por uso de equipamento específico (CR-400 marca Minolta) com obtenção de dados conforme o modelo CIELAB.

Para as propriedades térmicas o valor do calor específico da amostra foi avaliado através de uma adaptação do método proposto por HWANG E HAYAKAWA (1979), o método usado na determinação da difusividade térmica é baseado no método de DICKERSON (1965), a avaliação da densidade foi realizada segundo a metodologia de deslocamento de fluídos em picnômetros, descrita na norma n.º 985.19 da AOAC (WILLIAMS, 1990) e a condutividade térmica é determinada após o conhecimento da densidade, da difusividade térmica e do calor específico do produto, usando a equação I.

$$k = \rho \cdot C_p \cdot \alpha \quad (I)$$

As amostras foram também avaliadas quanto ao comportamento reológico com variação de temperatura, nas análises de comportamento da viscosidade em cinco pontos de temperatura, e do perfil reológico do fluido em três pontos de temperatura. As determinações reológicas foram feitas em reômetro programável, marca BROOKFIELD, modelo DVIII+, acoplado à um banho com controle termostático. A coleta de dados é feita segundo o sistema CGS, para todas as análises e as temperaturas utilizadas foram 25, 35, 50, 75 e 90°C.



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

O comportamento da viscosidade foi realizado em cinco temperaturas pré-estipuladas (25, 35, 50, 65 e 90°C), ajustando a programação do reômetro para 20rpm por 2 minutos, para cada temperatura e coletados, individualmente, os dados de temperatura e viscosidade.

O perfil reológico do fluido foi analisado pela obtenção dos dados de tensão de cisalhamento versus taxa de cisalhamento realizado em três temperaturas, 25, 50 e 90°C com programação ajustada para o aumento de rotações de 0,5 até 100rpm em intervalos de 60 segundos.

Os dados obtidos nos experimentos foram analisados estatisticamente por meio de programas computacionais (STATISTICA, versão 8, StatSoft) e comparados à modelos teóricos, quando disponíveis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Propriedades Físico-Químicas

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises de sólidos solúveis (°Brix), atividade de água (Aw) e pH das amostras:

TABELA 1 . Características físico-químicas das bases e preparados de frutas

Amostra	pH	Aw	°Brix
Cobertura limão	2,29±0,01	0,64	83,3±0,7
Cobertura morango	3,00±0,01	0,61	81,1±0,9
Base de maracujá	3,30±0,01	0,95	36,3±0,2
'Smoothie' de frutas vermelhas	3,88±0,01	0,98	14,5±0,1
Preparado de coco	5,20±0,01	0,97	29,4±0,8

Os resultados de caracterização mostram que os preparados e bases tendem a manter um pH próximo ao característico da fruta. Os valores de atividade de água e sólidos solúveis (°Brix) são bastante diferentes que ressaltam que os preparados não são padronizados em sua base, mas variam com o tipo de uso destinado e frutas base.

Os dados das leituras de cor durante o período de 120 dias foram avaliados estatisticamente e demonstraram não haver diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre as leituras, atestando quanto à boa estabilidade de cor nas amostras avaliadas.



TABELA 2. Cor instrumental e variação máxima de parâmetros após 120 de estudo.

Amostra	L*+Δ(120 dias)	a*+Δ(120 dias)	b*+Δ(120 dias)
Cobertura limão	25,26±0,03	-11,15±0,04	8,85±0,08
Cobertura morango	24,01±0,01	13,74±0,05	4,72±0,06
'Smoothie' Frutas	29,86±0,02	11,89±0,07	1,04±0,04
Base de maracujá	28,29±0,07	2,11±0,03	10,27±0,06
Preparado de coco	22,02±0,01	1,23±0,01	2,01±0,01

3.2 Propriedades reológicas

O estudo do comportamento reológico mostrou-se bastante complexo, uma vez que existe grande influência da composição na viscosidade, principalmente a presença de espessantes e gelificantes. Não foi possível a constatação de um padrão primário na variação da viscosidade das amostras analisadas, então, é indicativo da necessidade de avaliação individual de cada amostra quanto à variação da viscosidade com temperatura, uma vez que estas informações são de extrema relevância em processos industriais, especialmente no que tange à operações unitárias de escoamento de massas. A Figura 1 apresenta dos resultados de viscosidade dos produtos avaliados.

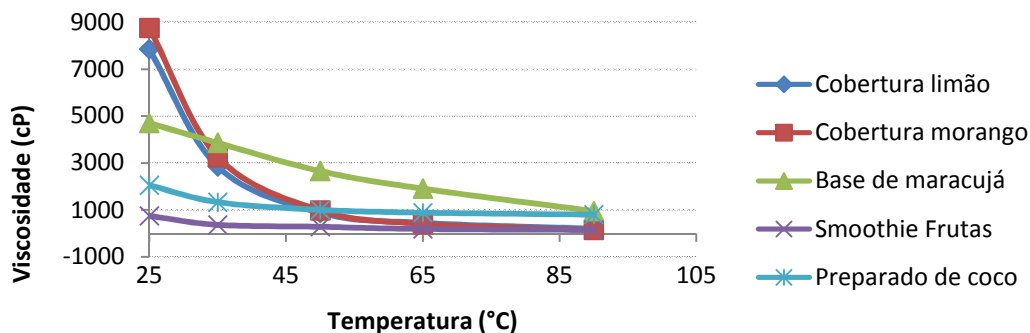


Figura 1. Representação das curvas de viscosidade das bases preparados de frutas

Os dados de viscosidade versus temperatura ajustam-se ao modelo de Arrhenius ($\ln \eta = \ln \eta_0 + E_a/RT$). Os valores da energia de ativação (E_a) foram maiores para as amostras de coberturas e menores para a base, preparado e smoothie. Quanto maior a E_a maior a influência da temperatura no fluido.



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014
12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

Quanto a análise do comportamento reológico nota-se a grande semelhança nas suas distribuições para todas as amostras, fazendo possível a observação dos dados de uma forma geral.

A adequação dos dados nos modelos permite a observação que em todos os casos os valores de "n" foram inferiores a 1, sendo assim, as amostras tem seu comportamento reológico classificado como sendo de um fluido não-newtoniano pseudoplástico.

Os dados ajustaram-se a ambas as equações (Herschel-Bulkley e Lei da potência), apresentando coeficiente de correlação maiores que 0,91. Em geral, ambos os modelos testados, tem boa inserção com os dados obtidos experimentalmente, entretanto, como observação dos tratamentos estatísticos conclui-se que o modelo da Lei da Potência é o mais indicado.

A Tabela 3 representa a adequação à lei da potencia ($\tau = \kappa \cdot (\dot{\gamma})^n$), na temperatura de 25°C :

TABELA 3 . Adequação ao modelo de Oswald de Waele ou Lei da potência a 25°C.

Amostra	$K(\text{dina/cm}^2 \cdot \text{s})^n$	n	R^2
Cobertura limão	217,1451	0,4475	0,97
Cobertura morango	221,3132	0,4500	0,95
Base de maracujá	135,9168	0,4897	0,99
'Smoothie' de frutas vermelhas	58,7485	0,6136	0,99
Preparado de coco	103,6334	0,4924	0,98

O aumento da temperatura, em todas as amostras analisadas, refletiu numa diminuição de "K", bem como a tendência de "n" limitar-se em 1.

O modelo de Herschel-Bulkley ($\tau = \tau_0 + \kappa \cdot (\dot{\gamma})^n$), teve adequação um pouco inferior, e devido as baixas taxas de cisalhamento que provocam oscilações nas medidas, não foi possível a determinação precisa da tensão inicial (τ_0).

3.3 Propriedades termofísicas

A Figura 2 apresenta os resultados da densidade das bases e preparados de frutas.

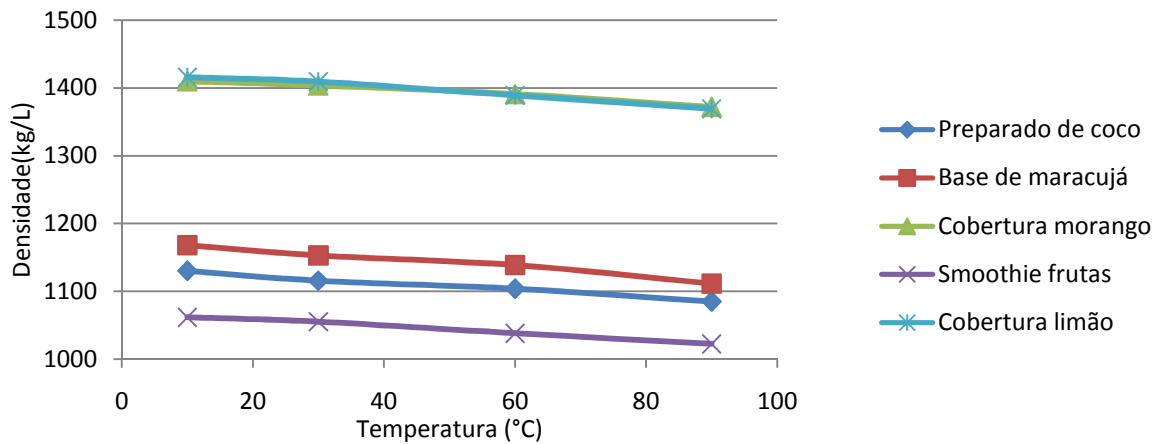


Figura 2. Representação das curvas de densidade das bases e preparados de frutas

É notável a correlação entre a densidade de um produto e sua composição primária. Os preparados de fruta são, de modo geral, compostos por água, açúcares, fibras e ácido. Dessa base, os resultados obtidos experimentalmente foram comparados com dados de soluções de sacarose publicados por REIN (2007). Foi observada boa correlação entre os dados experimentais e os apresentados na literatura consultada, com erros relativos entre 0,5 e 3%, sendo possível a conclusão de que, ao menos no grupo de amostras trabalhadas, a densidade das amostras pode ser obtida de fontes de literatura sendo somente necessário o valor da concentração de sólidos solúveis em Brix.

As medidas das propriedades termofísicas (Tabela 4) foram comparadas aos modelos de previsão, um em relação à soluções de sacarose, proposto por REIN (2007), e um modelo de previsão proposto por HUGOT (1969), em relação à concentrados de fruta. Em ambos os casos foram observados erros relativos entre 10 e 40% dos modelos para com os dados experimentais. É então pouco recomendado o uso de tais modelos, uma vez que a amplitude do erro é bastante grande.

TABELA 4. Propriedades térmicas das amostras.

Amostra	Cp (kJ/Kg .°C)	$\alpha \cdot 10^{-7} (m^2/s)$	K(W/m.°C)
Cobertura limão	2,54±0,12	1,76±0,19	0,633
Cobertura morango	2,21±0,11	1,81±0,25	0,563
Smoothie Frutas	3,99±0,05	1,29±0,04	0,546
Base de maracujá	3,03±0,05	1,21±0,05	0,428
Preparado de coco	3,22±0,11	1,23±0,08	0,455



4 CONCLUSÃO

A análise dos dados permitiu a conclusão sobre a grande diversidade de características gerais das bases e preparados de frutas, principalmente quanto a quantidade de sólidos solúveis e o pH. Foi possível a observação de um padrão nas medidas de densidade possibilitando uma aquisição facilitada e com erros mínimos de tais dados. Todas as amostras puderam ser classificadas como fluidos pseudoplásticos e eram bem representadas pela lei da potência.

Não foi possível a identificação de padrões ou modelos para todas as características apresentadas, sendo necessária a avaliação individual das amostras em diversos casos, afim de que se obtenham dados confiáveis.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq pela concessão da bolsa PIBIC, possibilitando este estudo, e ao ITAL e seus funcionários pela oportunidade e apoio na realização deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DICKERSON, R.W. An apparatus for measurements of Thermal Diffusivity of Foods, **Food Technology**, n. 19, v. 5, p.198-204, 1965.
- HUGOT, E. – **Manual da Engenharia**. Vol. II. 653p. São Paulo, 1969.
- HWANG, M.P.; HAYAKAWA, K. A specific heat calorimeter for foods, **Journal of Food Science**, n.44, v.2, p. 435-448, 1979.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. Vol 1. Métodos químicos e físicos para análises de alimentos. São Paulo, 3ª ed., 1985.
- MULVANEY, S.J. ; RIZVI, S.S.H. ; SHARMA, S.K. **Food Process engineering**. p 20-186. Ithaca, Estados Unidos, 2000.
- RAO, C.G. **Essentials of food process engineering**. p.122-129, 2006.
- REIN, P. **Cane sugar engineering**. p.112-328, 2007
- WILLIAMS, S. (ed.) **Official methods of analysis** of the Association of Official Analytical Chemists. 14ª 8f., Arlington, AOAC Inc., 1990, 1141 p.