

Influência do pH na microestrutura e nas propriedades físicas do suco de umbu em pó obtido por cocristalização

Effect of pH on microstructure and physical properties of umbu juice powder obtained by cocrystallization

DOI:10.34117/bjdv8n6-127

Recebimento dos originais: 21/04/2022

Aceitação para publicação: 31/05/2022

Milton Nobel Cano-Chauca

Doutorado em Ciência dos Alimentos

Instituição: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais
Campus Regional de Montes Claros

Endereço: Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, Montes Claros, MG
CEP: 39.404-547

E-mail: miltonc9@hotmail.com

Claudia Regina Vieira

Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Instituição: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais
Campus Regional de Montes Claros

Endereço: Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, Montes Claros, MG
CEP: 39.404-547

E-mail: crvieira@ica.ufmg.br

William James Nogueira Lima

Doutorado em Engenharia Química

Instituição: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais
Campus Regional de Montes Claros

Endereço: Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, Montes Claros, MG
CEP: 39.404-547

E-mail: wjnlma@ufmg.br

Marcos Ferreira dos Santos

Discente do curso de Engenharia de Alimentos

Instituição: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais
Campus Regional de Montes Claros

Endereço: Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, Montes Claros, MG
CEP: 39.404-547

E-mail: marcosferreira12@ufmg.br

Gabriela Fernanda da Cruz Santos

Discente do curso de Engenharia de Alimentos

Instituição: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais
Campus Regional de Montes Claros

Endereço: Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, Montes Claros, MG
CEP: 39.404-547

E-mail: gwbielacruz@gmail.com

Kelem Silva Fonseca

Pesquisadora da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada Pernambuco

Instituição: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Endereço: Av. Gregório Ferraz Nogueira, S/N, José Tomé de Souza Ramos-Serra Talhada/PE. CEP: 56909-535

E-mail: kelemsilva@yahoo.com.br

Lívia Aparecida Gomes Silva

Discente do curso de Engenharia de Alimentos

Instituição: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Regional de Montes Claros

Endereço: Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, Montes Claros, MG CEP: 39.404-547

E-mail: liusilva2603@ufmg.br

Heron Ferreira Amaral

Discente do curso de Engenharia de Alimentos

Instituição: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais Campus Regional de Montes Claros

Endereço: Avenida Universitária, 1.000, Bairro Universitário, Montes Claros, MG CEP: 39.404-547

E-mail: hfa2019@ufmg.br

RESUMO

O trabalho teve como objetivos determinar a influência do pH na microestrutura e nas propriedades funcionais de densidade aparente, fluidez e de solubilidade em co-cristalizados de suco de umbu. Para a realização deste trabalho foi utilizada polpa de umbu, adquirida no comércio local com teor médio de sólidos totais de 16%. Antes do processo a polpa sofreu correção de pH para pH 3,5; pH 4,0 e pH 4,5 utilizando-se CaCO₃. Para a preparação do produto foi utilizada polpa na concentração de 10, 15 e 20% (p/p). O processo de cocristalização consiste na concentração de um xarope de sacarose até a supersaturação, quando então é adicionada a polpa, em seguida, a mistura é submetida a uma intensa agitação que induz a formação de nucleação e aglomerados do produto. As amostras foram secas em estufa e armazenadas. A análise de microscopia eletrônica ilustra que o suco em pó apresentou superfícies cristalinas em todos os tratamentos. As análises de solubilidade e ângulo de repouso indicaram que não houve interação entre pH concentração do suco, ou seja, agiram independentemente apresentando valores de solubilidade satisfatórios em torno de 37s e 42°, respectivamente. A análise de densidade aparente mostrou que houve interação entre pH e concentração do suco resultando em valores próximos a 0,85 g/cm³, valores similares à sacarose. Pode-se concluir que o suco em pó obtido por cocristalização resultou em um produto com boa fluidez, solubilidade e densidade aparente o que o torna um processo ideal de conservação.

Palavras-chave: microestrutura, cocristalização, suco em pó.

ABSTRACT

The study aimed to determine the influence of pH on the microstructure and functional properties of bulk density, fluidity and solubility in co-crystallized juice umbu. Samples

were prepared with concentrated umbu juice purchased locally, with an average content of total solids equivalent to 16%. Before being co-crystallization, the juice was correction of pH for 3.5; 4.0 and by using CaCO₃. The preparation of the product was used in the pulp concentration of 10, 15 and 20% (w/w). The process co-crystallization is carried out by concentrating sucrose syrup until supersaturating and, then, adding the core material, with the mixture being submitted to an intensive agitation. The Samples were dried and stored. The microscopy analysis, these systems showed crystalline surfaces. The analysis of solubility and angle of repose indicated that there was no interaction between pH concentration of juice, ie acted independently, the juice shower values of solubility satisfactory around 37s and 42, respectively. The analysis of apparent density showed that there was interaction between pH and concentration of juice resulting in values around of 0.85 g/cm³, the values similar to sucrose. It was concluded that the juice powder obtained by co-crystallization resulted in a product with good fluidity, solubility and apparent density which makes it an ideal Technical conservation

Keywords: microstructure, co-crystallization, powder juice.

1 INTRODUÇÃO

O umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) é um fruto que representa uma produção expressiva na região Nordeste do Brasil e Norte de Minas Gerais, ainda que de maneira extrativista. Possui grande potencial de comercialização, no entanto, pouco explorado em nosso país. Todavia, o interesse econômico por essas frutas vem sendo despertado, em virtude das possibilidades de utilização de seus frutos no preparo de sucos, doces e sorvetes (ARAÚJO et al. 2001). Os frutos tropicais referenciados apresentam apelo “exótico” para mercados de outras regiões do Brasil, como Sudeste e Sul, e para o mercado externo, o que vem estimulando o aumento de sua produção. Ainda não devidamente caracterizadas em especial no que se refere ao seu potencial para industrialização, estas frutas demandam pesquisas. Entre estas, ressaltam-se a adequação de tecnologias convencionais e o desenvolvimento de novas tecnologias para o desenvolvimento de produtos destas frutas, de forma a promover um aproveitamento mais rentável, mediante a agregação de valor ao produto (MARTINS et al., 2007)

Em Minas Gerais, o fruto pode ser encontrado em Porteirinha, Pai Pedro, Serranópolis de Minas, Jaíba, Riacho dos Machados, Janaúba, Capitão Enéas, Ibiracatu e Varzelândia. Nesses municípios, durante a safra, que vai de dezembro a março, a coleta do umbu, no mato, envolve famílias inteiras, que vendem o produto na beira das estradas da região. Devido à grande demanda na época da colheita, que é de curta duração, o quilo de umbu "in natura", pago ao produtor, é muito baixo chegando até a R\$ 0,30 ocasionando grande perda do produto na safra (MENDES, 1990).

O umbu é um fruto altamente perecível que deve ser processado rapidamente, não resistindo mais do que 3 dias sem refrigeração. O umbu na atualidade vem sendo comercializado no mercado nacional em forma de polpa congelada. Esta técnica de preservação, apesar de ser eficiente, apresenta problemas de: contaminação microbiana, perda de cor, sabor, odor e elevado custo de processo. A mudança de cor deve-se ao fato de oxidação das vitaminas (vitamina C) e dos pigmentos naturais. As alterações do sabor estão ligadas á oxidação enzimática das matérias. Esse fato evidencia a urgente necessidade de processos simples e baratos que possam oferecer caminhos para conservar esses alimentos extremamente perecíveis.

A cocrystalização é um método de encapsulação, na qual a estrutura do cristal de sacarose é modificada de um cristal puro para um conglomerado. Esta estrutura providencia uma configuração porosa para a adição de um segundo ingrediente. O processo de cocrystalização se inicia com a concentração do xarope de sacarose de 70° Brix até a solução tornar-se supersaturada (97°Brix), aquecida por alguns segundos. À solução supersaturada é adicionado o segundo ingrediente e promove-se então uma agitação, sem a necessidade de aquecimento resultando num produto co-cristalizado de alta estabilidade onde suas propriedades funcionais de higroscopicidade, solubilidade e pegajosidade são melhoradas (BERISTAIN, et al., 1994). Os produtos obtidos por este processo são granulares, de fácil manuseio e facilmente solúvel em água. Na atualidade podem ser encontrados muitos produtos co-cristalizados nas prateleiras dos supermercados, porém detalhes da forma como são produzidos ainda é considerado como segredo da indústria.

De acordo com BHANDARI, et al. (1998), produtos co-cristalizados apresentam baixa higroscopicidade, boas propriedades e dispersão, ainda relatam que quando o segundo ingrediente é colocado no centro da estrutura porosa dos aglomerados este componente é protegido de oxidação, propiciando uma encapsulação dentro da matriz de aglomerados. Poucas pesquisas têm sido publicadas referentes à cocrystalização. CHEN et al. (1988), citaram diversos produtos que podem ser encapsulados por cocrystalização com sacarose tais como: sucos de frutas, óleos essenciais, óleo de amendoim, chocolate, aromas, extratos, e outros.

O umbu é um produto com características organolépticas próprias que poderia encontrar uma abertura no mercado internacional com a condição de que sua qualidade seja satisfatória e constante (CANO-CHAUCA, et al., 2021). O suco de umbu é uma boa fonte de vitamina C podendo ser utilizado na fabricação de diversos produtos,

considerando que o ácido ascórbico pode ser facilmente degradado durante o armazenamento. A cocristalização do suco de umbu com sacarose a qual já é geralmente empregada em suas preparações poderia ser uma alternativa para sua conservação de suas qualidades sensoriais e nutricionais, soma-se a isso a vantagem de se obter um produto seco, com boas propriedades de solubilização dispersão e fluidez.

O objetivo desta pesquisa foi determinar a influência do pH na microestrutura e nas propriedades funcionais de densidade aparente, fluidez e de solubilidade em co-cristalizados de suco de umbu.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi conduzido nos Laboratórios do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, MG.

2.1 MATÉRIA PRIMA

Para a preparação das amostras utilizou-se polpa de umbu, adquirida no comércio local com um teor de sólidos totais solúveis de 5,6°Brix.

2.2 PREPARO DAS AMOSTRAS

A polpa antes de ser co-cristalizada foi concentrada mediante uso de um concentrador a vácuo (Marconi MA-120) até alcançar um teor médio de sólidos totais de 16%. Foi corrigido o pH da polpa para pH 3,5, pH 4,0 e pH 4,5 utilizando-se carbonato de cálcio. Logo após foi adicionada ao xarope de sacarose nas concentrações de 10, 15 e 20% (p/p).

2.3 PRODUÇÃO DO CO-CRISTALIZADO

O trabalho foi desenvolvido em batelada. O xarope de sacarose foi concentrado de 70° Brix numa chapa com aquecimento e agitação mecânica até atingir 98° Brix. Logo após, foi adicionada a polpa de umbu agitou-se energicamente a mistura, onde a cristalização ocorreu espontaneamente. Em seguida, as amostras foram secas em estufa 50°C, trituradas e armazenadas para sua posterior utilização.

2.4 ANÁLISE DE MICROESTRUTURA POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

As amostras foram pulverizadas sobre um pequeno tambor. Em seguida, foram recobertas com uma fina camada de ouro (15 nm) através do Sputer Coating Attachment da Balzers, em evaporadores a vácuo. Para observação, utilizou-se um microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM-T200 (Jeol, Tóquio, Japão), operando com uma voltagem de 10 KV. As fotomicrografias foram realizadas com uma câmara acoplada ao microscópio. As amostras foram observadas sistematicamente a 750 e 1500X de magnificação. Estas análises foram conduzidas no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa.

2.5 ANÁLISE DE FLUIDEZ

O ângulo de repouso estático foi utilizado como indicação da capacidade de escoamento ou fluidez do produto. O material foi despejado vagarosamente de uma altura fixa através de um funil de vidro colocado em um suporte, sendo coletado em uma placa de Petri. A partir do raio da placa de Petri e da altura do cone formado pelo pó, foi possível a determinação do ângulo de repouso (AWAD et al., 1993). As medidas foram feitas em triplicatas.

2.6 ANÁLISE SOLUBILIDADE

Foi determinada em triplicata, medindo-se o tempo necessário para a completa dissolução de 10 g do produto em 100 mL de água destilada a 25°C. A mistura foi agitada manualmente com um bastão de vidro e o tempo, medido em um cronômetro, correspondeu ao momento em que não mais foram observadas partículas sólidas (BERISTAIN et al., 1994).

2.7 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

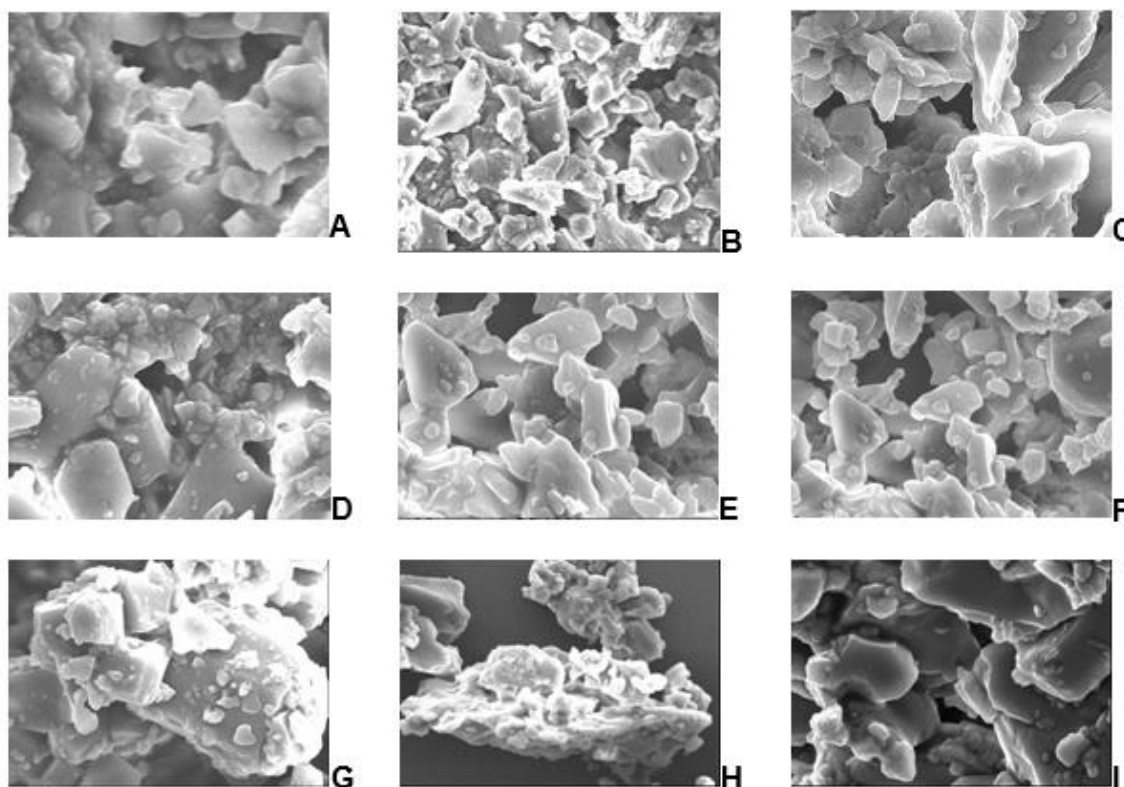
O trabalho foi realizado utilizando um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, em triplicata, sendo três concentrações de polpa 10, 15 e 20% com o pH do suco variando de 3,5 a 4,5. Os dados foram analisados pelo programa computacional, Sistema para Análise de Variância (SISVAR), utilizando o índice de 5% de probabilidade no teste de Tuckey para comparação das médias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DE MICROESTRUTURA POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

A análise da superfície das partículas dos pós de suco de umbuí obtidos por cocristalização foi realizada em caráter tridimensional, por meio de microscopia eletrônica. As Figuras 1 apresentam as fotomicrografias obtidas por microscopia eletrônica das partículas de pós de suco de umbu.

Figura 1. Fotomicrografias obtidas por microscopia eletrônica das partículas de suco de umbu. A).pH 4,5 e concentração de 10%; B).pH 4,0 e concentração de 10%; C) pH 3,5 e concentração de 10%; D).pH 4,5 e concentração de 15%; E).pH 4,0 e concentração de 15%; F) pH 3,5 e concentração de 15%; G).pH 4,5 e concentração de 20%; H).pH 4,0 e concentração de 20%; I) pH 3,5 e concentração de 20%.



Verifica-se com auxílio da Figura 1 que as amostras, apresentaram diversos tamanhos de partículas cristalinas. Nota-se nessa figura que as partículas cristalinas se encontram aderidas umas a outras formando uma massa compacta de cristais. Também verifica-se, nessa Figura, alto grau de integridade das partículas cristalinas não apresentando rachaduras nem poros na superfície externas e uma forte aderência de partículas cristalinas menores na superfície das partículas cristalinas de maior magnitude. O fato evidenciou a ausência de superfícies amorfas e a presença de superfícies cristalinas formando uma mistura homogênea com o segundo ingrediente. fato que foi evidenciado

em todos os tratamentos utilizados. Observa-se nessa mesma figura que o suco produzido em pH 4,5 e 4,0 nas três concentrações apresentaram maior grau de cristalinidade (Figuras 1A, 1B, 1D, 1E, 1G, 1H) onde foram verificadas formas geométricas bem definidas o que significa um maior grau de cristalinidade.

De acordo a literatura um produto co-cristalizado deve apresentar aglomerados de estruturas cristalinas com abundantes poros o que não foi evidenciado nesta Figura. Segundo Bhandari et al. (1997). São vários os parâmetros que determinam tais propriedades como temperatura velocidade de agitação, grau de saturação entre outros, sendo de fundamental importância também o segundo componente já que este inibe uma cristalização prematura, conseqüentemente , permite que a cristalização ocorra em condições controladas, aumentando também a funcionalidade do produto co-cristalizado.

3.2 ANÁLISE DE FLUIDEZ (ÂNGULO DE REPOUSO)

A análise do ângulo de repouso do suco de umbu produzido utilizando três concentrações e três pHs é apresentada na Tabela 1

Verifica-se na Tabela 1, que não houve interação entre concentração e pH da polpa, ou seja, estes fatores agem independentemente. Nota-se na tabela que na coluna não houve diferença significativa para os três pHs apresentando o suco valores de ângulo de repouso iguais, ao passo que na linha a concentração 10 e 15% apresentaram valores estaticamente iguais de ângulo de repouso ao nível de probabilidade de 5%. Já o suco produzido com 20% de polpa apresentou valores estatisticamente diferentes de ângulo de repouso, correspondendo menores valores de ângulo de repouso ($41,38^\circ$). De acordo Bhandari et al. (1998) o ângulo de repouso é um método simples de caracterização do comportamento dos pós durante o escoamento. Os pós que apresentam valores de ângulo de repouso abaixo de 45° apresentam propriedades de escoamento livre, enquanto que acima de 50° apresentam problemas de escoamento ou de coesividade. Verifica-se nessa mesma Tabela, que o suco de umbu em todos os tratamentos apresentaram valores de ângulo de repouso em torno de 42° , valores que podem ser considerados tecnicamente adequados, o que torna o material um produto de boa fluidez. Materiais em pó com escoamento livre como açúcar refinado comercial, o ângulo de repouso encontra-se na faixa de 30 a 37° com um valor médio de 34° .

Tabela 1. Valores médios de ângulo de repouso em função do pH e da proporção do suco adicionado em pós de suco de umbu.

pH	Concentração de polpa (%)			Média
	10	15	20	
3,5	44,56	41,62	43,24	43,14a
4,0	43,23	43,69	42,56	43,16a
4,5	45,83	42,68	38,32	42,28a
Média	44,54B	42,66AB	41,38A	
C.V ¹ (%) = 5,09				

¹C.V. = coeficiente de variação; médias seguidas de letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas coluna diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

3.3 ANÁLISE DE SOLUBILIDADE

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de solubilidade para o suco de umbu em pó produzidos em diferentes concentrações de pHs. Observa-se nessa Tabela, na coluna, que o suco apresentou valores de solubilidade estatisticamente iguais isto foi verificado e para os três pHs, já na linha, o suco nas três concentrações não se diferiram estatisticamente a 5% de probabilidade. Pode-se afirmar que o suco apresentou valores de solubilidade similares em todos os tratamentos independentemente do pH e da concentração. Valores de solubilidade que se situam em torno de 36 segundos. A solubilidade do suco de umbu está de acordo aos encontrados na literatura para alimento em pó, que relatam valores abaixo de 40 segundos. De acordo com Chen (1999), materiais encapsulados por cocristalização apresentam alta estabilidade e boa solubilidade, uma vez que resultam em uma estrutura altamente porosa o que facilita o contato do componente com a água resultando em um produto muito solúvel. Resultados similares aos encontrados neste trabalho foram relatados por Astolfi-filho et al. (2005) que estudando diferentes pHs na produção de co-cristalizados de maracujá encontrou valores de solubilidade 40 segundos.

Tabela 2. Valores médios de solubilidade (segundos) em função do pH e da proporção de suco adicionado em pós de suco de umbu.

pH	Concentração de polpa (%)			Média
	10	15	20	
3,5	38,41	33,59	36,62	36,21a
4,0	39,48	36,71	38,65	38,28a
4,5	39,27	29,94	37,94	35,72a
Média	39,05A	33,41A	37,74A	
C.V ¹ (%) = 14,69				

¹C.V. = coeficiente de variação; médias seguidas de letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

3.4 ANÁLISE DA DENSIDADE

A Tabela 3 mostra os valores de densidade aparente em função do pH e porção de suco adicionado. Nessa tabela pode ser verificado que houve interação entre o pH e a

concentração do suco. Nota-se ainda, na coluna, que o suco na concentração 10 e 15% nos três pHs apresentaram valores estatisticamente iguais de densidade aparente. Já a concentração 20% mostrou valores estatisticamente iguais de densidade para pH 4,0 e 4,5 e diferiu estatisticamente do pH 3,5. Observa-se nessa mesma tabela, na linha, que o suco em pH 3,5 apresenta valores de densidade estatisticamente iguais nas três concentrações. Enquanto que o suco produzido em pH 4,0 e pH 4,5 foi evidenciado que as concentrações 10 e 15% não diferiram estatisticamente, ao passo que as concentrações 15 e 20% apresentaram valores estatisticamente iguais, ou seja, não houve diferença significativa, diferindo este último da concentração 10%. Ainda pode ser notado na tabela que o suco produzido nas concentrações 10 e 15% apresentou menores valores de densidade aparente. Este fato pode ser devido a que quando utilizadas menores concentrações de suco é possível que uma maior fração de sacarose tenha cristalizado em sua forma habitual, formando partículas bem compactas. A densidade encontrada nesta pesquisa situa-se na faixa de 0,81 a 0,87 g/cm³, valores que podem ser considerados como adequados, uma vez que na maioria dos pós alimentícios a densidade aparente situa-se na faixa de 0,30 a 0,85 g/cm³. BERISTAIN et al. (1994) relataram valores de densidade aparente de co-cristalizados de extrato de hibisco entre 0,4 a 0,75 g/cm³.

Tabela 3. Valores de densidade aparente (g/cm³) no suco de umbu em pó obtido a diferentes concentrações e pHs.

pH	Concentração de polpa (%)			Média
	10	15	20	
3,5	0,82Aa	0,83Aa	0,83Aa	0,83
4,0	0,81Aa	0,85Aba	0,86Bb	0,84
4,5	0,79Aa	0,84Ba	0,87Cb	0,83
Média	0,81	0,84	0,86	
C.V ¹ (%) = 1,99				

¹C.V. = coeficiente de variação; médias seguidas de letras distintas maiúsculas na linha e minúsculas coluna diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

4 CONCLUSÃO

- A densidade aparente e o ângulo de repouso foram afetados ligeiramente pelo pH e pela fração de suco, porém apresentaram valores satisfatórios e similares à maioria dos pós-alimentícios;
- O pH e a proporção do suco não exerceram influência sobre a solubilidade, resultando em valores satisfatórios de solubilidade;
- A porcentagem de suco adicionada deve ser a mais baixa possível, desde que garanta a funcionalidade do produto;

- O suco em pó independentemente dos tratamentos apresentou superfícies cristalinas o que o torna um produto de alta estabilidade.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F.P. *et al.* Influência do período de armazenamento das sementes de umbuzeiro na germinação e no desenvolvimento da plântula. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.26, n.2, p.36-39, 2001.

ASTOLFI-FILHO, Z.; SOUZA, A.; REIPERT, E.; TELIS, V. Encapsulação de suco de maracujá por cocristalização com sacarose: cinética e cristalização e propriedades físicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. 25(04), p. 795-801, 2005.

AWAD, A.; CHEN, A.C. A new generation of sucrose products made by co crystallization. **Food Technology**. v. 47, n. 1, p. 146-148, 1993.

BERISTAIN, C.I., MENDOZA, R.E., GARCIA, H.S., VASQUEZ, A. CocrySTALLIZATION of Jamaica (*Hibiscus sabdarifa L.*) Granules, **Lebensm-Wiss.u-Technology**, v. 27, p.347-349, 1994.

BHANDARI, B.R., DATA, N., DARCY, B.R., RINTOUL, G.B. Co-Crystallization of honey with sucrose. **Lebens-mittel-Wissansschaft und-Technologies**, v.31, n.2. p.138-142, 1998.

CANO-CHAUCA, M., RODRIGUES, D.S., FREITAS, A. G., FONSECA, K.S. Avaliação das propriedades funcionais em cocristalizados de suco de umbu. In: Scaglioni, P.T. .Ensino e pesquisa no campo da engenharia e da tecnologia de alimentos. 2ed. Ponta Grossa, PR.: Editora Atena, v.1, p. 26-32. 2021.

CHEN, J.C.P. Cane sugar handbook. Houston: John Wiley, 1999.

CHEN, A.C., VEIGA, M.F., RIZZUTO, A.B. Co-crystallization: An encapsulation process. **Food Technology**. v.44, p.87-80, 1988.

MARTINS, M.L., BORGES, S.V., DELIZA, R., CASTRO, F.T., CAVALCANTE, N.B. Caraterísticas de doces em massa de umbu verde e maduro e aceitação pelos consumidores. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.42, n.9, p.1329-1333, 2007.

MENDES, B.V. Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara): importante frutífera do semi-árido. **Coleção Mossoroense**. Série C- v.164. 1990. 67p.