

Densidade aparente dos resíduos da polpa de maracujá

Apparent density of passion fruit pulp residue

Thamires Gonçalves Matias¹, Suelen Alvarenga Regis¹, Simone Vilela Talma¹, Luana Pereira de Moraes¹, Eder Dutra de Resende^{1*}

¹ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil

*Corresponding Author

Eder Dutra de Resende, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Laboratório de Tecnologia de Alimentos, Av. Alberto Lamego, 2000, CEP: 28013-602, Goytacazes/RJ - Brasil, e-mail: eresende@uenf.br

Cite as: Apparent density of passion fruit pulp residue. *Braz. J. Food Technol.*, v. 21, e2017155, 2018.

Received: Sept. 14, 2017; Accepted: Dec. 12, 2017

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar a densidade aparente dos componentes do resíduo da polpa de maracujá (arilo e sementes), tendo em vista um processo de separação física desses componentes. O resíduo foi suspenso em água e agitado a 1000 rpm por 60 min para separar os componentes, sendo secos em papel-toalha para realizar as medidas de densidade aparente pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico (96 °GL) para as sementes decantadas, e hexano para os materiais suspensos em água, com 10 repetições. A densidade aparente de sementes decantadas foi de 1160 kg m⁻³; o arilo apresentou 912 kg m⁻³. As sementes suspensas de Padrão 1 (sementes imaturas finas e brancas) mediram 950 kg m⁻³; Padrão 2 (sementes claras e/ou com início de pigmentação escura) apresentaram 897 kg m⁻³; Padrão 3 (escuras) mediram 851 kg m⁻³. Concluiu-se que a densidade aparente das sementes decantadas é maior do que a densidade da água, possibilitando o uso do processo de separação por decantação das sementes puras e o arraste do material suspenso, de densidade inferior à densidade da água. O processo de separação do arilo por meio da remoção de sementes em suspensão não pode ser realizado em meio aquoso.

Palavras-chave: *Passiflora edulis Sims; Processamento de resíduos; Sementes; Arilo.*

Abstract

The objective of this work was to evaluate the apparent density of the pulp residue components (aryl and seeds) aiming to develop a physical separation process for these components. The residue was suspended in water and stirred at 1000 rpm for 60 min to separate the components, which were then dried on paper towelling before carrying out the apparent density measurements using the volumetric balloon method with ethyl alcohol (96 °GL) for the decanted seeds, and hexane for the material suspended in the water, with 10 replicates. The apparent density of the decanted seeds was 1160 kg m⁻³ and that of the aryl 912 kg m⁻³. The suspended seeds of Standard 1 (immature, fine, white seeds) measured 950 kg m⁻³; of Standard 2 (white and/or with the start of dark pigmentation) presented 897 kg m⁻³; and Standard 3 (dark seeds) measured 851 kg m⁻³. It was concluded that the apparent density of the decanted seeds was higher than that of the water, making it possible to develop a physical process to separate pure decanted seeds and drag out the suspended material, which has a density lower than that of water. The process of separating the suspended seeds from the aryls cannot be carried out in an aqueous medium.

Keywords: *Passiflora edulis Sims; Waste processing; Seeds; Aryl.*

1 Introdução

As tecnologias para aproveitamento de resíduos industriais permitem diminuir o impacto ambiental, agregar valor e possibilitam a diversificação de novos produtos alimentícios com alto valor nutritivo (RONDA et al., 2017; THYBERG; TONJES, 2017).

Os resíduos de polpa de maracujá apresentam alto teor de umidade e açúcares solúveis, sofrendo fermentação imediata em condições ambientais após a extração do suco, levando à deterioração da qualidade de seus componentes. O processamento diário de resíduos de polpa requer a



Densidade aparente dos resíduos da polpa de maracujá

Matias, T. G. et al.

utilização de tecnologias de processamento rápido que sejam adequadas para a escala de produção da indústria (REGIS, 2015).

Os principais coprodutos do resíduo da polpa do suco de maracujá são: as sementes desidratadas, o óleo extraído das sementes, a torta desengordurada, a farinha do arilo e a pectina extraída do arilo. O óleo tem aplicação na indústria de cosméticos e de alimentos devido ao seu alto conteúdo de ácidos graxos insaturados. As sementes desidratadas são usadas na indústria de sorvetes e doces. A torta desengordurada serve como ingrediente de rações para animais ou como agente esfoliante em produtos cosméticos. O arilo é fonte de pectina utilizada como agente geleificante (REGIS, 2015).

A diferença de densidade é importante nos processos de separação física em meio líquido. Durante esse processo ocorre a formação de duas fases: uma líquida e uma sólida que se deposita no fundo, por possuir densidade superior à da água (RICHTER, 2009). A velocidade de sedimentação depende do tamanho das partículas e da diferença de densidade entre as partículas e o fluido (ORDÓÑEZ, 2005). Quanto maior a diferença de densidades, mais eficaz será o processo de separação (SAMPAIO et al., 2007).

Para análise de densidade de amostras sólidas são utilizados métodos que se baseiam no deslocamento provocado em um líquido inerte e seguro, utilizando amostras sem bolhas de ar. O volume do corpo submerso pode ser determinado a partir da densidade e massa do líquido de referência (PHINNEY et al., 2017).

A densidade aparente das partículas é a razão entre a massa de partículas e o volume total que estas ocupam, incluindo o volume que os poros ocupam

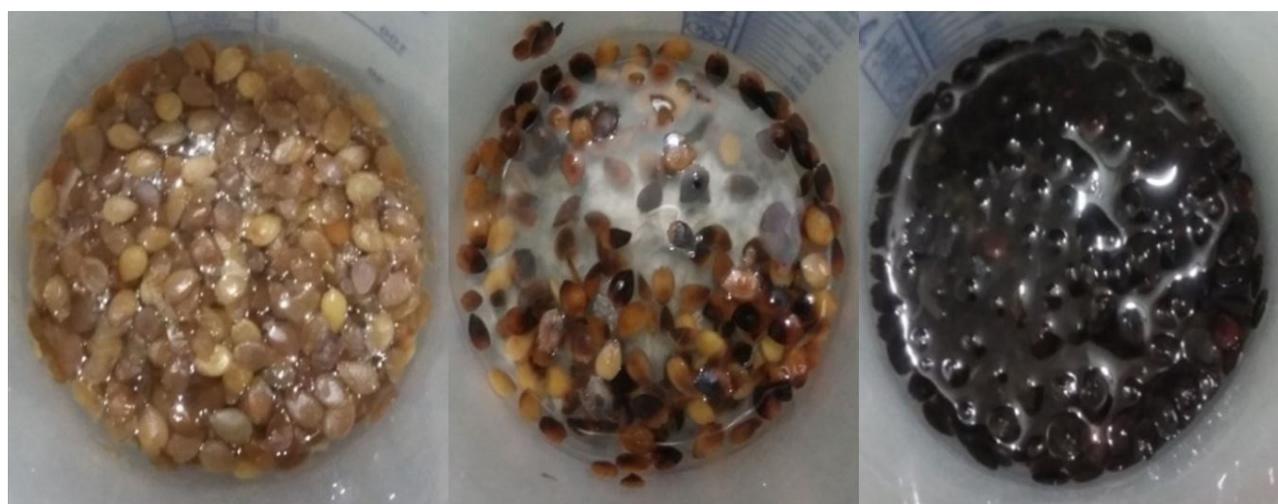
(FRANÇA; MASSARANI, 2002; TAKEUCHI et al., 2005; SAMPAIO et al., 2007; POZITANO; ROCHA, 2011).

O resíduo da polpa de maracujá, contendo arilos e sementes, necessita de um processo de separação e purificação dos componentes para facilitar a secagem e o seu aproveitamento como sementes desidratadas para uso em doces e extração de óleo, além da farinha de arilo que é rica em pectina. Dessa forma, neste trabalho foi realizada a determinação de densidade aparente dos componentes do resíduo da polpa após o seu processamento por agitação em suspensão de água, tendo em vista o desenvolvimento de um processo físico de separação e purificação das sementes e do arilo.

2 Material e métodos

Os resíduos de polpa de maracujá (*Passiflora edulis* Sims) foram obtidos da indústria Papafruta (Mimoso do Sul – ES), sendo transportados sob refrigeração até laboratório, onde foram misturados, homogeneizados, embalados em sacos de plástico e mantidos em freezer (Consul, modelo 420) a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o processamento.

O material foi descongelado e processado em Becker de 0,6 L, contendo 0,250 kg de resíduo e 0,3 L de água, sofrendo agitação mecânica (Agitador Fisaton, modelo 715) por 1 h a 1000 rpm, em temperatura ambiente. O material foi então filtrado em tecido sintético (resíduo bruto tratado). Este material sofreu lavagens sucessivas por imersão em água sob agitação em um Becker (1 L), recolhendo-se o material em suspensão (sementes e arilos) e as sementes decantadas. As sementes contidas no material em suspensão foram separadas do arilo por intermédio de uma pinça e caracterizadas em três padrões de maturação (Figura 1), conforme a seguinte escala:



(a) Padrão 1

(b) Padrão 2

(c) Padrão 3

Figura 1. Padrões de maturação das sementes de resíduo de polpa suspensas em água.

Densidade aparente dos resíduos da polpa de maracujá

Matias, T. G. et al.

Padrão 1: sementes finas e brancas; Padrão 2: sementes claras e/ou com início de pigmentação escura; Padrão 3: sementes escuras.

A densidade aparente foi avaliada para as frações de sementes decantadas, arilo e sementes suspensas (Padrão 1, 2 e 3), utilizando-se o método do balão volumétrico proposto por Gubiani et al. (2006) e Talma (2016), com adaptações, realizando-se 10 repetições. Os materiais foram secos em papel-toalha, prensados manualmente sobre tela de tecido sintético, avaliando-se a densidade da massa de sementes decantadas ($4,0 \cdot 10^{-3}$ kg) em um balão volumétrico de 0,05 L, usando álcool etílico (96 °GL); a densidade de arilo e sementes suspensas ($2,5 \cdot 10^{-3}$ kg) foi medida em proveta de 0,025 L, usando hexano. A densidade foi obtida com relação ao líquido de referência, conforme a Equação 1:

$$\rho_p = \frac{Mvf - Mv}{V - \frac{Mvfa - Mvf}{\rho_a}} \quad (1)$$

em que: ρ_p = Densidade aparente do componente do resíduo bruto tratado (kg m^{-3}); Mv = Massa do balão/proveta (kg); Mvf = Massa do balão/proveta contendo o componente do resíduo bruto tratado (kg); $Mvfa$ = Massa do balão/proveta contendo o componente do resíduo e o líquido (kg); V = Volume de líquido do balão/proveta (m^3); ρ_a = Densidade do líquido de referência, álcool etílico ou hexano (kg m^{-3}).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA, $p < 0,05$) e ao teste Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias, utilizando o programa estatístico STATISTIC, versão 7.0.

3 Resultados e discussão

As medidas de densidade aparente das sementes decantadas diferiram significativamente da fração arilo e de sementes em suspensão (Tabela 1), confirmando o mecanismo físico de decantação das sementes e o arraste do arilo em suspensão de água durante o processo de purificação de sementes e remoção de arilo. A densidade dos líquidos de referência utilizados para a realização

das análises foi de $\rho = 803 \text{ kg m}^{-3}$ para o álcool etílico e $\rho = 657 \text{ kg m}^{-3}$ para o hexano.

Na análise de densidade aparente das sementes suspensas em água, notou-se que sementes suspensas de Padrão 1, com coloração branca e de consistência macia e fina, não apresentaram formação de casca de revestimento, porém tiveram maior valor de densidade por conter expressiva quantidade interna de material do endosperma (Tabela 1). Sementes suspensas escuras de Padrão 3 exibiram os menores valores de densidade, pois, diferentemente do material decantado que contém sementes escuras de maior valor de densidade, elas apresentaram uma estrutura interna oca e sem conteúdo de endosperma. De maneira intermediária, as sementes suspensas de Padrão 2, caracterizadas pela coloração amarronzada ou mais escura, estavam em estágio de maturação mais avançado que as sementes claras, porém com desenvolvimento parcial do endosperma, tornando-as menos densas que as sementes do Padrão 1 que eram claras, mas com maior conteúdo de endosperma. Destaca-se também que a presença de poros internos nas sementes exerce influência na densidade aparente, conforme relatado por Phinney et al. (2017).

A densidade do arilo era similar à densidade de sementes suspensas de Padrão 2, mas ela era menor do que a densidade de sementes de Padrão 1 e maior do que aquela de sementes suspensas de Padrão 3 (Tabela 1). Isto revela que o processo de separação e purificação do arilo com relação às sementes suspensas não pode ser conduzido em meio aquoso.

Destaca-se que a densidade aparente das sementes decantadas é superior à da água ($\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$), ao passo que o arilo e as sementes suspensas apresentaram valores menores que a densidade da água, indicando dessa forma a viabilidade do processo de separação dos componentes do resíduo de polpa através do mecanismo físico de separação por diferença de densidade em água.

Na fração de sementes decantadas foi observada a expressiva ocorrência de sementes pretas e quantidade pouco significativa de sementes brancas. Nos dois casos, esses tipos de sementes apresentaram grande formação de tegumento interno e casca bem rígida, tornando-as mais densas. Essas observações sobre maturação de sementes decantadas também foram relatadas por Regis et al. (2015), destacando-se um aumento da quantidade de sementes brancas após o processamento do resíduo de polpa de frutos mais verdes.

Segundo Fasina (2010), as medidas de densidade aparente de sementes de grãos e leguminosas apresentaram valores de 1364 kg m^{-3} para sementes de trigo, 1466 kg m^{-3} para arroz branco, 1432 kg m^{-3} para arroz castanho, 1281 kg m^{-3} para milho, 1399 kg m^{-3} para milho de pipoca, 1443 kg m^{-3} para feijão-lima, 1444 kg m^{-3} para ervilha de olhos pretos e 1434 kg m^{-3} para feijão-pinto. Esses dados

Tabela 1. Valores médios de densidade aparente dos componentes do resíduo de polpa de maracujá, separados após processamento por agitação em água.

Componentes do resíduo bruto tratado	Densidade (kg m^{-3})
Sementes Decantadas	1160 ^a (± 21)
Arilo	912 ^c (± 15)
Sementes suspensas Padrão 1	950 ^b (± 15)
Sementes suspensas Padrão 2	897 ^c (± 7)
Sementes suspensas Padrão 3	851 ^d (± 7)

Dados entre parênteses representam o desvio padrão. Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a $p \leq 0,05$.

Densidade aparente dos resíduos da polpa de maracujá

Matias, T. G. et al.

são de magnitudes superiores àquele encontrado neste trabalho para as sementes decantadas, mas eles indicam que a estrutura física e a composição química dos diferentes materiais influenciam nas medidas de densidade aparente.

Na avaliação de densidade aparente dos componentes da casca do maracujá, Talma (2016) obteve resultados para a fração do epicarpo com 1014 kg m^{-3} , a fração intermediária entre epicarpo e mesocarpo com 924 kg m^{-3} e a fração do mesocarpo com 879 kg m^{-3} . Esta diferença de densidade possibilitou o desenvolvimento do processo de separação em água das frações de epicarpo e mesocarpo. Destaca-se que a diferença de densidade entre os componentes da casca atinge magnitude inferior àquela obtida para os componentes do resíduo da polpa de maracujá (Tabela 1).

A composição química do material exerce influência nas medidas de densidade, tendo em vista que a densidade do material representa a contribuição de densidades específicas de componentes de água, proteínas, carboidratos, ácidos, minerais etc. (MOURA et al., 2016). Na análise de densidade de óleos vegetais, Brock et al. (2008) encontraram pequenas diferenças de densidade entre óleo de soja ($\rho = 883 \text{ kg m}^{-3}$), óleo de milho e algodão ($\rho = 875 \text{ kg m}^{-3}$), óleo de arroz e girassol ($\rho = 877 \text{ kg m}^{-3}$), óleo de oliva ($\rho = 879 \text{ kg m}^{-3}$) e óleo de canola ($\rho = 878 \text{ kg m}^{-3}$).

Littlefield et al. (2011) verificaram que o tamanho da partícula do resíduo da casca de nozes (*Carya illinoinensis*) interfere na densidade aparente, obtendo 1498 kg m^{-3} para as partículas finas (com tamanho até $1,295 \text{ mm}$), 1457 kg m^{-3} para as partículas médias (com tamanho até $1,885 \text{ mm}$), 1439 kg m^{-3} para as grosseiras (com tamanho superior que $1,885 \text{ mm}$). Essas diferenças podem ser atribuídas ao método de medida de volume das amostras, em que os espaços vazios entre as partículas reduzem em partículas mais finas, aumentando a densidade do material.

Ji et al. (2017) verificaram que partículas da indústria do carvão que apresentam densidade na faixa de 1275 e 2200 kg m^{-3} são facilmente separadas em hidrociclones, notando que nessas condições se pode operar com maior velocidade de fluxo de arraste de separação das partículas, visto que elas apresentam maiores velocidade terminais de decantação em fluxo de água.

4 Conclusão

O processo de separação e purificação dos componentes de arilo e sementes, obtidos do resíduo bruto de polpa de maracujá processado por agitação em água, pode ser realizado de forma eficiente em meio aquoso devido à diferença de densidade aparente entre as frações de sementes decantadas ($\rho = 1160 \text{ kg m}^{-3}$) em relação à fração de material suspenso em água contendo

arilo ($\rho = 912 \text{ kg m}^{-3}$) e sementes imaturas com diferentes padrões de maturação: Padrão 1 ($\rho = 950 \text{ kg m}^{-3}$), Padrão 2 ($\rho = 897 \text{ kg m}^{-3}$) e Padrão 3 ($\rho = 851 \text{ kg m}^{-3}$). Dessa forma, o processo de separação por suspensão em água é efetivo para separação e purificação de sementes decantadas. No entanto, o processo de separação e purificação do arilo através da remoção de sementes em suspensão não pode ser realizado em meio aquoso.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio financeiro e bolsas de pesquisa, e Fábrica de Sucos Papafruta pela disponibilização dos resíduos de polpa de maracujá.

Referências

- BROCK, J.; NOGUEIRA, M. R.; ZAKRZEWSKI, C.; CORAZZA, F. C.; CORAZZA, M. C.; OLIVEIRA, J. V. Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 3, p. 564-570, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000300010>.
- FASINA, O. O. Measuring grain and legume seed density using pycnometer and envelope density analyzer. **ASABE**, v. 53, n. 4, p. 1223-1227, 2010. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.32579>.
- FRANÇA, S. C. A.; MASSARANI, G. **Separação sólido-líquido**. 3. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002. 147 p.
- GUBIANI, P. I.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo: exatidão, precisão e tempo de processamento. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 664-668, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000200049>.
- JI, L.; KUANG, S.; QI, Z.; WANG, Y.; CHEN, J.; YU, A. Computation analysis and optimization of hydrocyclone size to mitigate adverse effect of particle density. **Separation and Purification Technology**, v. 174, p. 251-263, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2016.10.034>.
- LITTLEFIELD, B.; FASINA, O. O.; SHAW, J.; ADHIKARI, S.; VIA, B. Physical and flow properties of pecan shells: particle size and moisture effects. **Powder Technology**, v. 212, n. 1, p. 173-180, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2011.05.011>.
- MOURA, S. C. S. R.; VISSOTTO, F. Z.; RUFFI, C. R. G.; ALVES JÚNIOR, P. Physical and rheological properties of fruit products. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, n. e2015086, p. 1-8, 2016.
- ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.

Densidade aparente dos resíduos da polpa de maracujá

Matias, T. G. et al.

PHINNEY, D. M.; FRELKA, J. C.; HELDMAN, D. R. Composition-based prediction of temperature-dependent thermo physical food properties: reevaluating component groups and prediction models. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 1, p. 6-15, 2017. <http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.13564>. PMID:27886381.

POZITANO, M.; ROCHA, S. C. S. Caracterização física e germinação de sementes de *Senna macranthera*. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 4, p. 777-784, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000400020>.

REGIS, S. A. **Otimização de processo para desenvolvimento de co-produtos derivados dos resíduos do processamento industrial da polpa do maracujá**. 2015. 119 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2015.

REGIS, S. A.; RESENDE, E. D.; ANTONIASSI, R. Oil quality of passion fruit seeds subjected to a pulp-waste purification process. **Ciência Rural**, v. 45, n. 6, p. 977-984, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140099>.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2009. 352 p.

RONDA, A.; PÉREZ, A.; IAÑEZ, I.; BLÁZQUEZ, G.; CALERO, M. A novel methodology to characterize and to valorize a waste by a fractionation technology. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 109, p. 140-150, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2017.03.037>.

SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. **Tratamento de minérios: práticas laboratoriais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007. 557 p.

TAKEUCHI, K. P.; SABADINI, E.; CUNHA, R. L. Análise das propriedades mecânicas de cereais matinais com diferentes fontes de amido durante o processo de absorção de leite. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 1, p. 78-85, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000100013>.

TALMA, S. V. **Desenvolvimento do processo de separação e purificação do albedo para obtenção de novos produtos da casca do maracujá**. 2016. 145 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2016.

THYBERG, K. L.; TONJES, D. J. The environmental impacts of alternative food waste treatment technologies in the U.S. **Journal of Cleaner Production**, v. 158, p. 101-108, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.169>.