

ESTUDO DO PROCESSO DE SECAGEM DO RESÍDUO DE CAFÉ EM LEITO FLUIDIZADO

Lucas Confúcio Rodrigues¹; Kaciane Andreola² Tatiana Guinoza Matuda²

¹ Aluno de Iniciação Científica do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT);

² Professora do Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

Resumo. *Os desperdícios de resíduos de café causam grandes impactos ambientais, com isso, observa-se a oportunidade de transformar esses resíduos em compostos de valor agregado. A secagem é conhecida como uma das principais operações unitárias da indústria de alimentos, pois prolonga a vida útil do produto, facilitando seu transporte e armazenamento. Nesse contexto, esse projeto consistiu no estudo da secagem de resíduos sólidos (casca e polpa) de café em leito fluidizado operando a 55, 70 e 85 °C durante 30 min com velocidade do ar entre 1,6 e 2,0 m³/min para posterior produção de uma farinha. O material foi avaliado de acordo com seu teor de umidade, atividade de água, atividade antioxidante, índice de fluidez, tamanho de partícula e cor. Os resultados indicaram que o aumento da temperatura implicou na produção de uma farinha com menor tamanho de partícula, além da coloração mais clara, amarelada e avermelhada. Ademais, a secagem a 85 °C apresentou menor umidade no produto (1,05 ± 0,07) %, enquanto a 55 °C apresentou menor índice de escoamento, com I_H (1,16 ± 0,03) e I_C (14 ± 2). Diante dos resultados obtidos foi possível comprovar a viabilidade do processo, obtendo um material seco dos resíduos do café com características propícias para produção de produtos de valor agregado da indústria de alimentos.*

Introdução

O café é uma planta de origem africana, descoberta na região da Etiópia. Os Etíopes costumavam se alimentar da polpa, enquanto as folhas eram utilizadas para produzir chá e bebidas alcoólicas. Foi com os árabes que o café começou a ser utilizado como conhecemos, pois, rapidamente sua civilização dominou as técnicas de plantio da espécie. O café era fervido em água quente e utilizado para fins medicinais, enquanto monges utilizavam-se do café como estimulante para rezas e vigílias noturnas. Por apresentar um sabor agradável e por ser estimulante, o café rapidamente ganhou fama e permitiu sua globalização, até tornar-se mundialmente popular em meados de 1450 (ABIC, 2021).

A polpa do café, também chamada de mesocarpo externa, representa 29% do peso seco do fruto inteiro, sendo composto de 76% de água, 10% de proteína, 2% de fibras, 8% de cinzas e 4% de extratos, os quais englobam diversas substâncias, dentre elas a cafeína (Halal, 2008). Devido a sua capacidade de chegar à corrente sanguínea e atingir o córtex cerebral, a cafeína consegue atuar como estimulante no sistema nervoso central, provocando efeitos como redução da fadiga, aprimoramento de desempenhos físicos e mentais, além da liberação de hormônios relacionados a adrenalina. Nesse contexto, também atua no sistema respiratório aumentando a dilatação dos brônquios e gerando estímulos que aumentam a frequência e intensidade da respiração, semelhante a medicamentos antiasmáticos (Ribeiro, 2012).

O produto chegou ao Brasil em meados de 1727, porém, foi apenas no século XIX que o café se tornou o principal produto da economia brasileira, mantendo-se até os dias atuais como um dos principais produtos consumidos pela população. Sendo responsável por um terço da produção mundial, que em 2023 foi de 55,07 milhões de sacas de 60 kg, o Brasil é o maior exportador de café do mundo, e o segundo que mais consome o produto, atrás apenas dos Estados Unidos (ABIC, 2023). Por outro lado, a grande demanda pelo produto acarreta numa elevada geração de resíduos.

Segundo Durán *et al.* (2017) mais de 50% em massa do fruto de café não é utilizado para produção de café comercializado, isso implica em uma grande produção de resíduos

líquidos compostos de águas residuárias, além de resíduos sólidos dentre os quais estão a casca, a polpa, a mucilagem e o pergaminho e que podem acarretar diversos problemas ambientais como danos aos lençóis freáticos e a vida de animais aquáticos. Nesse sentido, Hermosa (2014) demonstrou a viabilidade da utilização dos resíduos do café como substratos em processos de fermentação de leveduras para produção de etanol e compostos aromáticos voláteis. Com o estudo, obteve-se uma conversão de etanol de 94,81 % partindo de 1 g/L da levedura *Hanseniaspora uvarum* UFLA CAF76 e 12% p/v de polpa de café, além de identificar 21 compostos voláteis. Dias *et al.* (2022) utilizou a farinha oriunda da secagem dos subprodutos do café para aumentar o valor nutricional de cookies, visto que apresentam quantidades significativas de fibras e propriedades antioxidantes. A secagem da casca e polpa do café foi realizada em secador de bandejas a 40, 55 e 70 °C numa velocidade do ar de secagem de 0,6 m/s. Os cookies com farinha de polpa de café apresentam menor dureza e fraturabilidade comparado ao padrão, gerando um produto mais macio, entretanto, com maior diâmetro e menor espessura, podendo indicar enfraquecimento da rede de glúten. Além disso, a adição de farinha de subprodutos de café influenciou na coloração do material, tornando-o mais escuro e menos amarelado. A farinha da polpa do café apresentou umidade abaixo de 15% e atividade de água menor que 0,6, viabilizando sua aplicação em produtos da panificação. Com isso, verificou-se um grande potencial dos resíduos de café na produção de compostos de valor agregado.

A secagem é definida como uma operação unitária que converte um material sólido, semissólido ou líquido em produtos sólidos com menor teor de umidade, permitindo o seu armazenamento e transporte em temperatura ambiente, além de proporcionar uma vida útil prolongada (Baker, 1997).

A secagem em leito fluidizado ocorre por meio da operação de fluidização, na qual um fluido escoar de forma ascendente em um leito de partículas sólidas, adquirindo velocidade suficiente para suspender essas partículas, sem arrastá-las. A fluidização possui extensa aplicação no processo de secagem de sólidos devido às elevadas taxas de transferência de calor e massa entre o fluido e as partículas, além da uniformidade de temperatura no leito (Kunii e Levenspiel, 1991). Arrotéia *et al.* (2017) estudou a secagem de linhaça em leito fluidizado e leito de jorro, a fim de atingir uma umidade própria para armazenagem do material, enquanto avaliou o sistema com melhor eficiência em relação a tempo e gasto energético, utilizando as velocidades de 1,567 m/s e 3,318 m/s para o leito fluidizado e de jorro, respectivamente, foram utilizadas temperaturas de 30, 40, 50 e 60 °C, visto que maiores temperaturas degradariam o material. Em seus estudos determinou a temperatura de 60 °C como mais eficiente para atingir 8% de umidade final, enquanto o leito fluidizado apresentou o menor gasto energético. O trabalho de Sozzi *et al.* (2021) sobre o reaproveitamento do bagaço de amoras, que sofrem descarte impróprio pela maioria das indústrias, a partir da secagem em leito fluidizado a 50, 60 e 70 °C e uma vazão de ar de 6 m/s. O material pôde ser transformado em granulados pelo processo de fluidização, apontando 60 °C como a temperatura ideal do processo, pois resultou em partículas com maior facilidade de escoamento, I_c de $(15,9 \pm 1,4\%)$ e maior capacidade antioxidante (1088 ± 57) mg GAE/100 g.

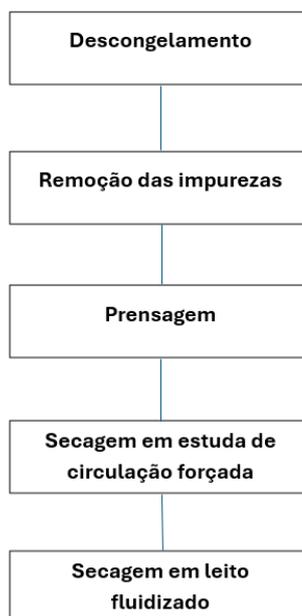
O objetivo desse trabalho foi estudar o processo de secagem do resíduo do café (casca e polpa) em leito fluidizado de escala laboratorial a fim de desenvolver uma farinha, avaliando a influência da temperatura no desempenho do processo e na qualidade do produto.

Material e Métodos

O material utilizado foi o resíduo do café composto por casca e polpa, obtido de frutos colhidos no evento “Colheita do Café” realizado em 27 de maio de 2023, no Cafezal Urbano do Instituto Biológico em São Paulo, SP. O material foi selado à vácuo em embalagens metalizadas, contendo aproximadamente 2 kg e mantido congelado a – 23 °C até sua utilização.

O preparo da amostra, contidas em 9 embalagens, previamente descongeladas em geladeira, para a secagem em leito fluidizado está descrito na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama de blocos do preparo da casca e polpa do café para secagem no leito fluidizado.



Foram retiradas as impurezas grosseiras, como folhas e grãos. O material descongelado foi acomodado em uma caixa (17,5 x 8,5 x 11) cm, com furos nas laterais e na parte inferior e prensado com auxílio de uma prensa CBR/Marshall microprocessada (Contenco, Brasil) à velocidade de 9,82 mm/ min até atingir 2800 kgf, condições definidas em ensaios preliminares. Ao final do processo de prensagem, foram removidos 45% da massa total de amostra em líquido.

A amostra prensada foi acomodada em bandejas de alumínio (62 x 36 x 3) cm, e inseridas em estufa de circulação forçada (Ethik, 420- 8D, Brasil) à 40 °C durante 2 h para uma pré secagem. Este tempo foi determinado de acordo com Dias *et al.* (2022), para obter uma umidade de entrada em leito fluidizado propícia, com base em resultados de testes preliminares.

As análises de composição centesimal foram realizadas no resíduo prensado (RP), e comparadas com o material não prensado (RNP) analisado por Dantas (2023) (Figura 2).

Figura 2 – Resíduo não prensado (RNP) (a) e resíduo prensado (RP) (b)



A umidade foi determinada em estufa à vácuo (Tecnal, TE-395, Brasil) à 70 °C por 24 h. Os teores de proteínas pelo método Kjeldahl, de cinzas em mufla (Q.318.24, Quimis, Brasil) à 550 °C, de açúcares redutores em glicose e não-redutores em sacarose e de acidez titulável

conforme Instituto Adolfo Lutz (2004), em triplicata. O teor de lipídeos foi determinado por Bligh e Dyer (1959), em triplicata e carboidratos por diferença conforme Equação 1.

$$\text{Carboidratos (\%)} = 100\% - (\text{Umidade} + \text{Cinzas} + \text{Lipídeos} + \text{Proteínas}) \% \quad (1)$$

Para estudar o comportamento da fluidização do material foram obtidas duas curvas fluidodinâmicas com 200 g de RP no leito fluidizado (LabMaq, FBD 1.0, Brasil) (Figura 3), variando a velocidade do ar enquanto era observado a variação da pressão (ΔP). A velocidade do ar variou de 0,2 m³/min até atingir a máxima velocidade do equipamento de 3,0 m³/min, em sequência, a velocidade foi diminuída para obter a curva de volta.

Figura 3 – Leito Fluidizado LabMaq Modelo FBD 1.0



O leito fluidizado é composto por uma base cônica de jorro onde o material é comportado e sua temperatura monitorada com um termômetro PT100, acoplada a base encontra-se a câmara onde o material é submetido ao processo de fluidização, em seu topo, insere-se um suporte com aro de forma a atenuar o transporte do material até o ciclone, que retém as partículas menores que não conseguem fluidizar devido a vazão de ar. A tampa do leito conecta a câmara ao ciclone, nela ocorre o monitoramento da pressão e da temperatura de saída do ar do sistema.

O equipamento ainda possui um painel digital, no qual é possível monitorar a operação de secagem e controlar as variáveis de processo, tais quais temperatura de entrada do ar e vazão de ar do soprador. Abaixo do painel, encontram-se a resistência, responsável pela transferência de calor do sistema, e o soprador, equipamento que permite a entrada de ar atmosférico no sistema viabilizando o processo de fluidização, nestes equipamentos, mede-se a vazão de ar e a temperatura de entrada.

As secagens foram realizadas em leito fluidizado a 55 °C; 70 °C e 85 °C por 30 min, com velocidade do ar variando de 2,0 m³/min à 1,6 m³/min, em duplicata. As condições de

secagem foram determinadas de acordo com Dantas (2023). Foram utilizados 200 g do material prensado para cada ensaio de secagem no leito fluidizado.

Para analisar o resíduo seco, foi realizado um processo de moagem do material em um moedor analítico (IKA, A11 Basic, Alemanha), no qual cada 30 g de amostra foi submetida a 30 s de moagem.

O resíduo seco foi analisado em relação a sua umidade, cor, atividade de água, índice de fluidez, tamanho de partícula e atividade antioxidante.

A umidade foi determinada em estufa a vácuo (Tecnal, TE-395, Brasil) por 24 h à 70 °C conforme Instituto Adolfo Lutz (2004) em triplicata. A atividade de água foi determinada no medidor de atividade de água (A_w) (4TE, AquaLab, Brasil). Os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* pelo sistema HunterLab em colorímetro ColorQuest XE (HunterLab Inc, EUA) com iluminante D65 e ângulo de abertura de 10° com o programa EasyMatchQC versão 4.77, em duplicata. Os índices de fluidez foram determinados por meio do analisador Autotap (TAP-2SP, Logan Instruments, Brasil), em triplicata. Os índices de Huasner (I_H) e Carr (I_c) foram avaliados pela escala de fluidez de pós da European Pharmacopeia (2010).

O tamanho de partícula foi avaliado por meio de um sistema de peneiras 18, 20, 28, 32, 40, 60, 65 e 100 Mesh, agitadas por 10 min em uma frequência de 8 Hz com 45 g de amostra. Após agitação, foram medidas as massas retidas nas peneiras para calcular a fração mássica retida em cada peneira, a partir disso, foram utilizadas as Equações 2, 3 e 4 para calcular os diâmetros D_{Sauter} , D_V e D_S , respectivamente. Os resultados foram expressos em uma curva da fração acumulada passante de material pelo diâmetro médio das peneiras.

$$D_{Sauter} = \frac{1}{\sum\left(\frac{x_i}{d_i}\right)} \quad (2)$$

$$D_V^3 = \frac{1}{\sum\left(\frac{x_i}{d_i^3}\right)} \quad (3)$$

$$D_S^2 = \frac{\sum\left(\frac{x_i}{d_i}\right)}{\sum\left(\frac{x_i}{d_i^3}\right)} \quad (4)$$

Em que x_i é a fração retida de amostra e d_i o diâmetro médio da peneira (μm).

Foram obtidos extratos de farinha nas temperaturas 55°C, 70°C e 85°C e RP para análises de capacidade antioxidante a partir de 1 g de amostra e de 40 ml de álcool metílico 50 %, 40 ml de acetona 70 % e 20 ml de água destilada (Rufino *et al.*, 2007).

A capacidade antioxidante foi determinada pelo método de sequestro do radical DPPH, que consiste na reação de 0,1 ml do extrato da amostra com 3,9 ml da solução de DPPH (2,2-difenyl-1-picrylhidrazyl) 0,06mM, mantida no escuro por 30 min à temperatura ambiente. A absorbância foi medida no espectrofotômetro (modelo UV-2600, Shimadzu, Brasil) a 515 nm. Uma solução controle foi usada como branco e a curva de calibração foi obtida com Trolox ((±)-6-Hidroxy-2,5,7,8-tetramethylcromane-2-carboxylic acid) como padrão e os resultados foram expressos em μmol de Trolox equivalente por grama de material seco, conforme a Equação 5 (Brand-Williams *et al.*, 1995).

$$DPPH \left[\frac{\mu\text{mol TE}}{\text{g base seca}} \right] = \frac{x \cdot V \cdot D}{M \cdot (1 - U)} \quad (5)$$

Em que x é a concentração de Trolox equivalente ($\mu\text{mol TE} \cdot \text{L}^{-1}$), V é o volume utilizado para preparar o extrato, D é o fator de diluição, M é a massa utilizada no extrato (g) e U é a umidade da amostra (bu).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com auxílio do programa Minitab® 16.2.3, com nível de confiança de 95%.

Resultados e Discussão

Os resultados da caracterização centesimal do material antes e após o processo de prensagem estão apresentados na Tabela 1.

Após a prensagem, a quantidade de água no material diminuiu, com isso, os teores de proteínas, lipídios, cinzas e carboidratos ficaram mais concentrados na amostra. Comportamento semelhante foi presenciado por Amorim e Matuda (2023) em amostras de bagaço de uva prensado.

Não foram detectados açúcares não redutores em ambas as amostras. Uma vez que as amostras de café indisponham da presença de sacarose, esse resultado era esperado, além disso, Dantas (2023) obteve o mesmo resultado com a mesma variedade de café, para safra de 2023.

A acidez titulável foi maior em RP, indicando maior concentração de ácidos no material seco, o que corroborou para diminuição de pH do material. Não foi possível a determinação dos sólidos solúveis para RP, porém, espera-se que seja semelhante a RNP.

Tabela 1 – Caracterização do resíduo não prensado (RNP) e prensado (RP) da casca e polpa de café

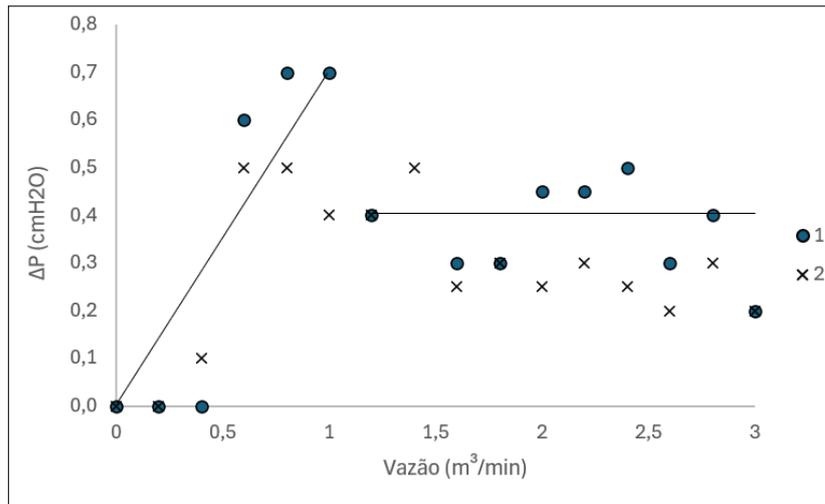
	RNP**	RP
Umidade (%)	81,4 ± 0,8	73,0 ± 1,3
Proteínas (%)	2,30 ± 0,04	3,25 ± 0,04
Lipídeos (%)	0,15 ± 0,01	0,41 ± 0,01
Cinzas (%)	1,84 ± 0,03	2,18 ± 0,03
Carboidratos (%)	14,3	21,1
Açúcares Redutores (%)	6,12 ± 0,15	4,38 ± 0,04
Sólidos Solúveis (°Brix)	6,93 ± 0,06	-
Acidez Titulável***	7,1 ± 0,2	8,5 ± 0,3
pH (-)	4,91 ± 0,01	4,79 ± 0,06
Atividade de água (-)	0,986 ± 0,003	0,986 ± 0,001
Cor		
<i>a</i> [*]	2,8 ± 0,5	3,37 ± 0,3
<i>b</i> [*]	1,9 ± 0,5	2,1 ± 0,4
<i>L</i> [*]	31 ± 1	36,3 ± 0,4
DPPH (µmol TE/100 g bs)	-	6,9 ± 0,5

**Dantas (2023)

***Em mol/100g

A Figura 4 mostra as curvas fluidodinâmicas com a pressão (ΔP_{real}) a cada decréscimo da vazão do ar (m^3/min). Foram realizados dois ensaios para obter as curvas de fluidização, a partir do mesmo material. Por já ter sido submetida a uma primeira medida, a segunda curva atingiu um menor pico de pressão com a mesma vazão.

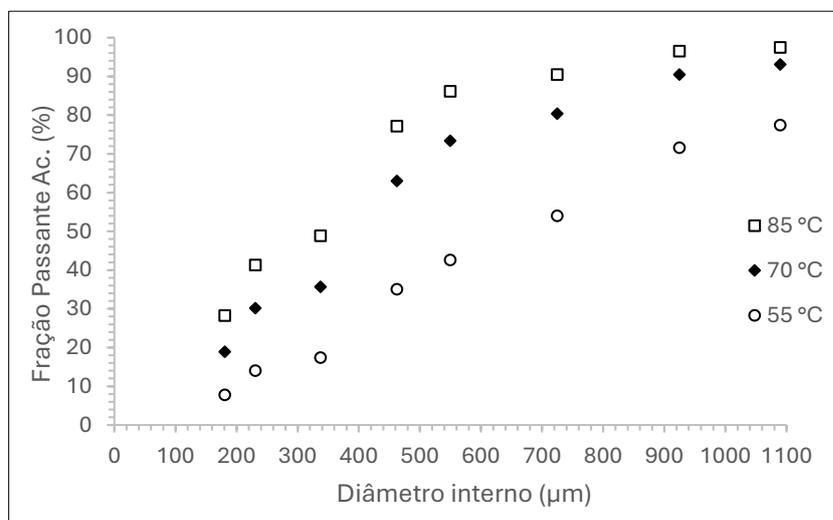
Figura 4 – Curva fluidodinâmica da casca e polpa de café prensada (RP)



A partir das curvas de fluidização do material é possível obter a velocidade mínima de fluidização, situação em que os sólidos ficam suspensos na corrente de fluido. Ela pode ser observada traçando-se uma reta paralela ao eixo de vazão, observando a região em que os pontos se aproximam a uma constante, e uma tangente aos pontos em que ΔP_{real} aumenta com a vazão de ar (Amorim e Matuda, 2023). Com isso, foi caracterizado uma velocidade mínima de fluidização em torno de 1,0 m³/min e 1,4 m³/min respectivamente, sendo essa última a velocidade mais próxima do 1,6 m³/min utilizada para manter o material em movimento durante os ensaios de secagem.

A Figura 5 mostra a fração passante acumulada do material de cada temperatura de secagem. Foi observado uma maior concentração do material seco a menores temperaturas em peneiras com diâmetro maior, enquanto peneiras com diâmetros menores apresentaram maiores concentrações de resíduos secos à 85°C, isso pode ser explicado pela umidade das amostras. Amostras com maior umidade, tendem a ficar mais aglomeradas, o que impacta em partículas maiores, enquanto amostras com menor umidade formaram partículas menores, facilitando sua passagem em peneiras com menor diâmetro.

Figura 5 – Fração acumulada passante de material pelo diâmetro médio de peneira



A Figura 6 mostra o material seco em leite fluidizado e moído. Os resultados das análises de umidade, atividade de água, cor, índice de fluidez, granulometria e atividade antioxidante estão na Tabela 2.

Figura 6 – Farinha de casca e polpa de café após secagem no leite fluidizado e moagem



Tabela 2 – Umidade, atividade de água (A_w), cor, índice de fluidez e atividade antioxidante dos materiais obtidos no processo de secagem no leite fluidizado

	85 °C	70 °C	55 °C
Umidade (%)	1,05 ± 0,07 ^c	4,1 ± 0,7 ^b	10,2 ± 0,6 ^a
A_w (-)	0,367 ± 0,002 ^c	0,472 ± 0,003 ^b	0,668 ± 0,008 ^a
Cor			
a^*	7,4 ± 0,1 ^a	8,3 ± 0,5 ^a	7,2 ± 0,9 ^a
b^*	11,7 ± 0,1 ^a	12,7 ± 0,8 ^a	10 ± 2 ^b
L^*	47,19 ± 0,08 ^a	47,8 ± 0,8 ^a	44, ± 2 ^b
Índice de fluidez			
I_H	1,19 ± 0,03 ^a	1,22 ± 0,04 ^a	1,16 ± 0,03 ^a
I_C	16 ± 2 ^a	18 ± 3 ^a	14 ± 2 ^a
Granulometria			
D_{Sauter} (µm)	168 ± 3 ^c	203 ± 8 ^b	341 ± 0,1 ^a
D_V (µm)	113 ± 1 ^c	125 ± 3 ^b	170 ± 0 ^a
D_S (µm)	93,5 ± 0,7 ^b	98,5 ± 0,2 ^b	120 ± 0 ^a
DPPH (µmol TE /g material seco)	7,6 ± 1,0 ^a	7,5 ± 0,3 ^a	10 ± 1 ^a

*médias com a mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente ($p > 0,05$)

A umidade e a atividade de água diminuíram com o aumento da temperatura de secagem significativamente. O parâmetro de cor a^* não apresentou diferença significativa, todavia, a diferença significativa nos parâmetros L^* e b^* indicaram que o aumento de temperatura tornou a amostra mais clara e mais amarela.

A atividade de água foi adequada para farinhas secas à 70 °C e 85 °C, pois segundo Ribeiro e Seravalli (2007) o crescimento de microrganismo é mínimo em alimentos com atividade de água menor que 0,6.

Os parâmetros de fluidez não diferenciaram significativamente, indicando que para todas as temperaturas o material apresentou a mesma facilidade de escoamento, entretanto, segundo a European Pharmacopoeia (2010) a amostra seca à 55°C foi caracterizada como fluidez boa enquanto as amostras secas à 70°C e 85°C foram caracterizadas como fluidez razoável.

Os diâmetros D_V e D_{Sauter} sofreram redução significativa com o aumento da temperatura, já o diâmetro D_S não apresentou diferença significativa entre as temperaturas de 70 °C e 85 °C. A capacidade antioxidante não apresentou diferença significativa entre amostras, contudo, foi observado que o aumento de temperatura impactou negativamente na atividade antioxidante do material, resultados similares a Santos e Dusman (2019) e Barbosa *et al.* (2016).

Conclusões

A caracterização centesimal das amostras demonstrou que o material prensado apresentou maior concentração de nutrientes (proteínas, lipídeos, cinzas e carboidratos) e menor concentração de açúcares redutores, devido a remoção de líquido no processo de prensagem. A amostra prensada é mais propícia à estudo com secagem em leito fluidizado, visto que possui menor teor de umidade, o que facilita a fluidização do material no equipamento.

A secagem do material em leito fluidizado produziu amostras dentro das especificações de teor de umidade da ANVISA (2022), o que torna o produto bom para armazenamento e um ingrediente importante para confecção de diversos produtos da indústria de alimentos. Além disso, as amostras secas com temperaturas 70°C e 85°C apresentaram atividade de água em uma faixa na qual a proliferação de microrganismos é mínima enquanto a temperatura de 55 °C apresentou o material com melhor escoamento. Por fim, o estudo granulométrico indicou a produção de uma farinha mais fina conforme aumento da temperatura de secagem.

Referências Bibliográficas

- ABIC (2021) Origem do Café. Disponível em: <<https://www.abic.com.br/tudo-café/origem-do-café>>.
- ABIC (2023) Indicadores da Indústria de Café. Disponível em: <<https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2023/>>.
- Amorim, G.R.; Matuda, T.G. (2023) Obtenção de Farinhas de Resíduos da Indústria do Vinho Pela Secagem em Leito Fluidizado Para Aplicação em Produtos de Panificação. Anais do 15º Seminário de Iniciação Científica do CEUN-IMT. Disponível em: <<https://www.maua.br/files/amorim-matuda-1702303735.pdf>>.
- Anvisa, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2022) Resolução da Diretoria Colegiada RDC N° 711 de 1 de julho de 2022, DOU, Imprensa Nacional.
- Arrotéia, D.; Barbalho, B.; Cara, G.; Risoléo, V.; Santos, L.; Testa, F.; Condotta, R. (2017) Estudo do Processo de Secagem da Linhaça em Leito Fluidizado e em Leito de Jorro, *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, **3**, 215–224.
- Baker, C. (1997) *Industrial Drying of Foods*. Blackie Academic & Professional.
- Bligh, E.G.; Dyer, W.J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **37**, 911-917.
- Barbosa, N.; Paes, M.; Pereira, J. (2016) Influência da temperatura e do solvente na obtenção de extrato de milho de grãos pretos. In: XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. (1995) Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, **28**, 25–30.
- Dantas, J. (2023) Produção de Farinhas de Subproduto de Café Aplicadas em Produtos de Panificação. Relatório de Estágio. Instituto Mauá de Tecnologia.
- Dias, G.; Celista, G.; Martineli, L.; Chieffe, M. (2022) Produção de Farinhas de Subprodutos de Café Aplicadas em Produtos de Panificação com Fermentação Natural. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Mauá de Tecnologia.
- Donato, M.; Silva, S.; Tavares, M.; Silva, E.; Silva, S. (2023) Caracterização físico-química de cascas de café: estudo comparativo entre o processamento via seca e fermentada. Congresso Nacional da Agroindústria, **3**
- Durán, C.; Tsukui, A.; Santos, F.; Martinez, S.; Bizzo, H.; Rezende, C. (2017) Café: Aspectos Gerais e seu Aproveitamento para Além da Bebida. *Revista Virtual de química*, **9**, 107-134.
- European Pharmacopoeia 7.0 (2010) Pharmaceutical Technical Procedures, 2.9.34 Bulk density and tapped density of powders, 305-308.

- Halal, S. (2008) Composição, Processamento e Qualidade do Café. Trabalho Acadêmico. Universidade Federal de Pelotas.
- Hermosa, V. (2014) Aproveitamento de Resíduos do Processamento Semi Seco do Café Para a Produção de Compostos de Valor Agregado. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras.
- Instituto Adolfo Lutz (2004). *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. 4ª ed.
- Kunii, D; Levenspiel, O. (1991) *Fluidization Engineering*. Butterworth-Heinemann.
- Ribeiro, E.P; Seravalli, E.A.G. (2007) *Química de Alimentos*. Editora Buchler.
- Ribeiro, R. (2012) Cafeína: Benefícios e Malefícios do Consumo. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário do Sul de Minas.
- Rufino, M.S.M.; Alves, R.E.; de Brito, E.S.; de Moraes, S.M.; Sampaio, C.G.; Pérez-Jiménez, J.; Saura-Calixto, F.D. (2007) Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. *Embrapa Agroindústria Tropical*.
- Santos, K.; Dusman, T. (2019) Estudo da Influência da Temperatura de Secagem e Solvente Extrator na Capacidade Antioxidante de Folhas *Plantago major*. *Revista Fitos*, **13**, 200-211.
- Sozzi, A.; Zambon, M.; Mazza, G.; Salvatori, D. (2021) Fluidized Bed Drying of Blackberry Wastes: Drying Kinetics, Particle Characterization and Nutritional Value of the Obtained Granular Solids. *Powder Technology*, **385**, 37-49.