

PULVERIZAÇÃO DE OVOS POR SPRAY DRYER: CARACTERIZAÇÃO

Mayara Dávila de Mesquita de Lima¹; Veruscka Araújo Silva²; Heber Sivini Ferreira³

Resumo

O ovo é um alimento que passou a ser amplamente consumido e conhecido no mundo inteiro. Nos últimos anos, a sua produção vem crescendo significativamente no Brasil. Possui uma variedade de vitaminas, é fonte de proteínas e nutrientes, sendo um alimento completo para a dieta humana trazendo benefícios para a saúde. Com seu valor nutricional e crescimento de produção, surge à necessidade de aumentar o seu tempo de conservação. Nesse sentido, o presente trabalho teve o objetivo de transformar o ovo de galinha para sua forma de pó, através da secagem por spray dryer e fazer a caracterização físico-química do produto final. Os ovos foram quebrados, homogeneizados e seco em spray dryer nas temperaturas de secagem de 120 °C a 150 °C e com vazão do pulverizador de ar comprimido de 30 L/min. Os pós obtidos após a secagem foram submetidos às análises físico-químicas de atividade de água, umidade, cinzas, minerais, lipídeos, proteínas e carboidratos. As análises foram realizadas em triplicata e os dados analisados estatisticamente através do teste Tukey, com exceção das caracterizações de sólidas totais, análise granulométrica, microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectrometria de fluorescência de raios-X. As propriedades físico-químicas do ovo em pó, nas condições de secagem estudadas, apresentaram-se dentro dos padrões considerados adequados sobre os parâmetros de qualidade e conservação do produto. Contudo, a melhor condição analisada dentre as estudadas foi para a temperatura de entrada do ar de secagem a 120 °C possibilitando um menor gasto com energia para a obtenção de ovo em pó por secagem em spray dryer.

Palavras-chaves: secagem; atomização; conservação.

Abstract

The egg is a food that has become widely consumed and known all over the world. In recent years, its production has been growing significantly in Brazil. It has a variety of vitamins, is a source of protein and nutrients, and is a complete food for the human diet, bringing benefits to health. With its nutritional value and production growth, there is a need to increase its shelf life. In this sense, the present work had the objective of transforming the chicken egg into its powdered form, through spray drying and doing the physical-chemical characterization of the final product. The eggs were broken, homogenized and dried in spray dryer at drying temperatures from 120 °C to 150 °C and with a compressed air sprayer flow rate of 30 L/min. The powders obtained after drying were submitted to physical-chemical analysis for water activity, humidity, ash, minerals, lipids, proteins and carbohydrates. The analyses were performed in triplicate and the data were statistically analyzed using the Tukey test, except for the characterizations of total solids, granulometric analysis, scanning electron microscopy (SEM) and X-ray fluorescence spectrometry. The physicochemical properties of the egg powder, under the drying conditions studied, were within the standards considered appropriate

¹ Engenheira Química pela Universidade Federal da Paraíba-UFPB; gerente comercial atuante no segmento de derivados de petróleo. E-mail: mayaradmesquita@gmail.com.

² Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande-UFCG; coordenadora do laboratório de termodinâmica da Universidade Federal da Paraíba-UFPB e professora adjunta pela mesma Instituição. E-mail: verusckaaraujo@gmail.com.

³ Doutor em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande-UFCG; professor associado da Universidade Federal da Paraíba-UFPB. E-mail: hebersivini@gmail.com.

for the quality parameters and conservation of the product. However, the best condition analyzed among those studied was for the drying air inlet temperature of 120 °C, allowing a lower energy expenditure to obtain egg powder by spray drying.

Keywords: drying; atomization; conservation.

1 Introdução

O Brasil tem ocupado uma posição de destaque na escala produtiva de ovos comerciais, estando também entre os maiores produtores do mundo. Os dados da produção de ovos mostram que o estado de São Paulo se coloca em primeiro lugar e na sequência aparecem Paraná, Espírito Santo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. O ovo possui um valor reduzido no mercado e sua aquisição por aqueles consumidores com menor poder de compra é uma fonte excelente de composição nutricional, rico em proteínas e de alto valor biológico, além disso, em relação aos minerais, o ovo tem ferro, fósforo, zinco, potássio, selênio e manganês (Medeiros; Alves, 2014; Brito *et al.*, 2021).

A casca do ovo é composta principalmente por carbonato de cálcio e tem pequenos poros para a troca de gases com o ambiente. Ela serve de proteção contra os danos físicos e contaminantes, pois é revestida internamente por uma membrana que atua como barreira à penetração de bactérias (Amaral *et al.*, 2016). De acordo com (Sarcinelli; Venturini; Silva, 2007), a gema representa um terço do volume do ovo sem casca. É composta por 50% de água, 34% de lipídeos, 16% de proteínas, algumas glucose e sais minerais. Já a clara do ovo é constituída por 88,5% de água, 13,5% de proteínas, vitaminas do complexo B e traços de gorduras (Food and Agriculture Organization, 2010).

Por ser um produto de origem animal, o ovo é muito perecível à ação do ambiente, tornando-o predisposto a grande perda do seu valor nutricional, caso não sejam tomadas ações preventivas para a sua conservação (Medeiros; Alves, 2014). A promoção da secagem de ovos em pó pode constituir uma intervenção dos sistemas alimentares que tem o potencial de melhorar a qualidade das dietas, reduzir a perda dos ovos, o custo de transporte, o espaço de armazenamento e tornar os ovos mais acessíveis em países de baixa e média renda (Abreha *et al.*, 2021).

Apesar do processo de desidratação de ovos por atomização ter surgido em 1865 nos Estados Unidos, o sucesso comercial teve início, somente, em 1920 (Corrêa *et al.*, 2002). Desde sua invenção em 1872 por Samuel Percy, a secagem de produtos alimentícios em spray tem sido amplamente utilizada, seja em produtos consumidos por bebês nas formulações lácteas, doces em pó e cacau solúvel em leite infantil, ou em suplementos alimentares ricos em proteínas, vitaminas e minerais para adultos. Todos esses produtos foram inicialmente

formulados em solução e depois convertidos em pós para facilitar o transporte e a preservação das propriedades durante o armazenamento (Piñón-Balderrama *et al.*, 2020).

Neste tipo de secador, o alimento líquido é introduzido na câmara de secagem na forma de gotículas, através de bicos atomizadores aumentando a superfície de contato com o ar quente, que pode percorrer a câmara em fluxo contracorrente, concorrente ou como combinação de ambos (Souza *et al.*, 2015).

Em estudos recentes, (Abreha *et al.*, 2021) analisaram dois procedimentos alternativos de secagem (pulverização e a secagem em estufa) de ovos etíope e exótico na qualidade física, tecnofuncional e nutricional do ovo em pó inteiro, ambos métodos produziram ovos em pó com propriedades aceitáveis. Embora a secagem por pulverização seja o método preferido para processar pós de ovo inteiro com melhor fluidez. Na comparação dos dois métodos a secagem por pulverização levou a um pó com menor teor de umidade do que a secagem em estufa e a secagem por pulverização de ambos os tipos de ovos resultou em pós de ovos inteiros com propriedades físicas e tecnofuncionais ótimas, refletidas pela baixa atividade de água, rendimento maior que 97%, alta composição de nutrientes e que os ovos em pó podem contribuir significativamente para atender às necessidades de energia e nutrientes. Segundo (Ordóñez *et al.*, 2005), a perda de parte da água contida no ovo, acarretada pelo processo de secagem, reduz o volume do produto e a atividade de água.

Segundo (Amaral *et al.*, 2016), do ponto de vista do consumidor, além do benefício do maior prazo de validade, o uso dos ovoprodutos permite maior praticidade na conservação, na estocagem, no transporte e no manejo, bem como maior segurança alimentar, ao reduzir o risco de contaminação dos produtos. O ovo em pó possui conveniências em relação ao ovo in natura, pois não precisa de refrigeração e possui maior vida útil, já que a umidade presente no ovo in natura é o que permite a propagação de microrganismos que deterioram o ovo. De acordo com o mesmo autor, o ovo em pó possibilita a mistura a seco e o cálculo exato das quantidades de clara e gema a serem acrescentadas em uma receita.

O presente trabalho teve como objetivos a obtenção do ovo em pó através da secagem em spray dryer em diferentes temperaturas do ar de secagem e a caracterização físico-química do pó obtido como forma de observar a preservação das características físico-químicas.

2 Metodologia

2.1 Material

Os ovos de galinha in natura brancos do tipo extragrande, do mesmo lote, com peso total do ovo variando entre 60 e 65 g utilizados na pesquisa foram comprados em supermercado na cidade de João Pessoa-PB.

2.2. Métodos

2.2.1 Preparo da amostra

As cascas dos ovos foram quebradas, o conteúdo líquido (gema e clara de ovo) foi colocado em um recipiente, totalizando 5 litros. Em seguida a mistura foi agitada em agitador mecânico Fisatom modelo 713D, até total homogeneização.

2.2.2 Secagem

A secagem foi realizada em um spray dryer de escala piloto modelo LM – SD 5.0 da LabMaq Brasil, com uma vazão de alimentação de 2 L/h, vazão do soprador de 2,5 m³/min, uma pressão de 4 bar, a vazão do pulverizador de ar comprimido foi de 30 L/min nas diferentes temperaturas de entrada do ar de secagem de 120, 130, 140 e 150 °C. As variações de temperaturas foram baseadas em estudos na secagem por spray dryer da gema do ovo de (Grassi; Ponsano, 2015). As amostras obtidas foram colocadas em sacos plásticos de zip com fecho hermético, envoltos de papel alumínio, acondicionados em potes de vidro com tampa para sua conservação até análises.

2.3 Caracterização físico-química do ovo em pó

As análises químicas de sólidos totais, atividade de água, umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos foram realizados em triplicata a fim de aplicar nos resultados obtidos o teste Tukey, com nível de confiança de 95%. Também foi determinada a análise química de determinação de minerais, as análises físicas de granulometria e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

O teor de sólidos totais contidos no ovo in natura foi baseado na metodologia do (Instituto Adolfo Lutz, 2008) em uma estufa, modelo SL-100 da marca Solab/Brasil a secagem completa da amostra ocorreu após 63 horas.

O estudo da atividade de água (a_w) foi realizado utilizando o medidor de atividade de água Novasina LabMaster AW/ Suíça, com precisão de +/- 0,003 à temperatura de 30°C.

O teor de umidade foi medido, de acordo com a metodologia do (Instituto Adolfo Lutz, 2008), pelo método gravimétrico na perda de peso do material ao ser submetido ao aquecimento em estufa à temperatura de 105°C até o peso se manter constante.

O método usado neste trabalho para a obtenção das cinzas foi baseado na metodologia do (Instituto Adolfo Lutz, 2008), com modificações na temperatura e no tempo de permanência. O resíduo por incineração foi adquirido através do aquecimento das amostras em mufla à temperatura de 1000° C por 30 minutos.

A metodologia utilizada para a determinação de lipídeos totais foi a de (Folch; Less; Sloane Stanley, 1956). As amostras foram extraídas utilizando uma mistura de clorofórmio e metanol (2:1) e o solvente foi evaporado utilizando estufa a temperatura de 105°C.

O teor de proteína foi obtido por meio da determinação de nitrogênio nas amostras e realizada pela metodologia de digestão de *Kjeldahl* com etapas de digestão com H₂SO₄, destilação após alcalinização com solução de NaOH a 40% e titulação com solução de HCl 0,1N na solução de ácido bórico com o destilado.

O teor de carboidratos totais foi obtido por carboidratos por diferença, isto é, a soma da percentagem de umidade, minerais, proteínas e lipídeos subtraídos de 100%, de acordo com a resolução RDC N° 360, de 23 de dezembro de 2003, publicada pela da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

A determinação dos elementos minerais nas amostras foi feita utilizando um Espectrômetro Sequencial de Fluorescência de Raios X (FRX) por Comprimento de Onda XRF-1800. Para que essa técnica seja realizada, faz-se necessário a formação de pastilhas através de prensa hidráulica da marca Shimadzu, que a partir do pó forma uma pastilha compacta e homogênea.

A análise granulométrica foi realizada por difração de laser utilizando o equipamento CILAS 1090LD/França. A caracterização do tamanho das partículas dispersas foi realizada operando em modo seco, onde as amostras em pó foram espalhadas através de vibração mecânica sobre jato de ar comprimido com 2500 mb de pressão. Esse espalhamento das partículas foi realizado durante 15 segundos e a coleta de dados em 5 segundos.

A análise da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi realizada com equipamento da marca LEO 1430/Alemanha. A aquisição de dados topográficos da superfície das amostras utiliza elétrons secundários (baixa energia) derivadas da interação do feixe primário com a camada de ouro que recobre o espécimen (Castro *et al.*, 2002). Uma camada condutora de ouro

foi empregada para cobrir o material utilizando metalizador marca EMITECH, modelo K550X, regulado a 25mA por 1,5 minutos. A espessura dessa camada foi de 22,5 nm correspondente a dois recobrimentos de camada de ouro cada uma com espessura 11,25 nm.

3 Resultados e Discussões

O teor de sólidos totais para o ovo líquido homogeneizado (clara com gema) in natura foi determinado aproximadamente 23,63%. Resultado também encontrado por (Medeiros; Alves, 2014), que afirmaram, de acordo com a Portaria nº 01, de 21 de fevereiro de 1990 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o teor mínimo de sólidos totais contido no ovo integral líquido é de 23%.

A Tabela 1 mostra a atividade de água, umidade e cinzas do ovo em pó. Os resultados da atividade de água (a_w) variaram de $0,143 \pm 0,008$ a $0,275 \pm 0,016$, observa-se que há uma relação entre temperatura de entrada do ar e atividade de água, quanto maior a temperatura menor a atividade de água da amostra. O valor da atividade de água variou aproximadamente 45,84% entre o ovo em pó obtido na menor temperatura (120 °C) e o adquirido na maior temperatura (150 °C). Todas as amostras estudadas apresentaram valores de atividade de água abaixo de 0,3, sendo bastante favorável à estabilidade do alimento não estimulando a proliferação microbiana de acordo com (Park; Antônio, 2006). Segundo (Masilungan-Manuel *et al.*, 2015) para ovoprodutos, os valores ideais de atividade de água para aumentar sua vida útil e resistir ao crescimento microbiano é 0,40. Os valores de atividade de água obtidos neste trabalho estão próximos aos valores encontrados para o ovo em pó no estudo de (Koç *et al.*, 2011b).

Tabela 1 - Resultados da caracterização físico-química dos pós obtidos após o processo de secagem nas diferentes temperaturas

Temperatura	a_w	Umidade (%)	Cinzas
120°C	$0,264 \pm 0,043^a$	$4,316 \pm 1,140^a$	$11,834 \pm 0,547^a$
130°C	$0,275 \pm 0,016^a$	$2,570 \pm 1,457^a$	$11,982 \pm 0,346^a$
140°C	$0,229 \pm 0,014^a$	$2,333 \pm 0,577^a$	$11,089 \pm 0,678^a$
150°C	$0,143 \pm 0,008^b$	$1,930 \pm 0,935^a$	$12,012 \pm 0,653^a$

*Médias seguidas por mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Autores, 2021.

De acordo com os resultados estatísticos da atividade de água apresentados na Tabela 1, pode-se notar que ao comparar o pequeno efeito do aumento das temperaturas do ar de secagem de 120, 130 e 140°C, não houve diferença estatística ($p > 0,05$) e só foi observado que interfere

estatisticamente na atividade de água do ovo em pó, quando o aumento da temperatura do ar de secagem passa para 150°C, com diferença significativa ($p \leq 0,05$).

A Tabela 1 mostra as determinações do percentual de umidade dos pós-processados que variaram de $1,930 \pm 0,935$ a $4,316 \pm 1,140$, na sequência da maior temperatura de 150°C para menor temperatura de 120°C, respectivamente. A temperatura do ar de secagem teve influência no teor de umidade das amostras obtidas, isto é, o aumento da temperatura do ar de secagem acarretou na diminuição do teor de umidade e pode-se notar que o valor do teor da umidade variou aproximadamente 55,3% entre a menor temperatura (120°C) e a maior temperatura (150°C). Segundo (Grassi; Ponsano, 2015) no estudo da secagem da gema do ovo por atomização o aumento da temperatura de secagem influencia na umidade do produto final.

Esse resultado se assemelha ao citado por (Tonon; Brabet; Hubinger, 2009) ao estudarem a influência da temperatura do ar de secagem do suco de açaí em pó. Concluíram que uso de temperaturas maiores durante a secagem por atomização provoca uma maior diferença de temperaturas entre o produto atomizado e o ar de secagem, causando uma elevada transferência de calor e um aumento da evaporação de água do produto a ser desidratado, resultando em umidades mais baixas. Segundo ([PIÑÓN-BALDERRAMA et al., 2020](#)) à medida que a temperatura de entrada do ar de secagem aumenta o teor de umidade diminui.

Segundo (Masilungan-Manuel et al., 2015) observaram que o conteúdo crítico de umidade e a atividade de água para ovos em pó foram de 5% e 0,4, respectivamente. Segundo (Abreha et al., 2021) a baixa umidade e atividade de água dos ovos em pó inteiros confirmam a vantagem antecipada de prolongar a vida de prateleira e os pós são menos suscetíveis ao crescimento microbiano. Os valores além desses limites causarão uma deterioração abrupta do ovo seco.

Analisando estatisticamente os dados da umidade da Tabela 1, pode-se notar que o aumento da temperatura do ar de secagem de 120, 130, 140 e 150°C, não evidencia diferença estatística entre as umidades dos pós ($p > 0,05$).

Analisando a Tabela 1 referente aos valores obtidos para a atividade de água e aos teores de umidade das amostras, é possível observar que à medida que o valor da atividade de água reduz com o aumento da temperatura, o percentual de umidade também sofre redução. Esse fato evidencia a relação entre temperatura, atividade de água e umidade.

A Tabela 1 mostra as determinações dos teores de cinzas do ovo em pó que variaram entre $11,089 \pm 0,678$ e $12,012 \pm 0,653$. O aumento da temperatura de secagem não interfere nos teores de cinzas. Isto foi observado por Grassi e Ponsano (2015) que sustentaram que o aumento da temperatura do ar de secagem por atomização não interfere nos teores de cinzas das gemas em

pó. Nota-se também que esses resultados estão acima dos valores apresentados para o pó de ovo integral de galinha obtido por secagem em spray dryer, segundo (Toledo Hijo *et al.*, 2010), para o ovo integral desidratado de avestruz obtido por spray dryer por (Aquino *et al.*, 2014) e desidratação de gemas de ovos por secagem por atomização segundo (Grassi; Ponsano, 2015).

Analisando estatisticamente os teores de cinzas do ovo em pó da Tabela 1, pode-se notar que o aumento da temperatura do ar de secagem de 120 para 150°C, não evidenciam diferenças estatísticas ($p>0,05$).

A Tabela 2 mostra a análise dos elementos minerais presentes nas amostras de ovo em pó nas temperaturas de 120, 130, 140 e 150°C. A porcentagem de cinzas retrata o conteúdo total de minerais, os resultados mostrados na Tabela 2 foram obtidos através do cálculo da quantidade que cada um dos elementos que representa percentualmente no teor total de cinzas.

Tabela 2 - Percentagem de elementos minerais presentes nas amostras de ovo em pó obtidas com temperaturas de secagem do ar de 120, 130, 140 e 150°C

Minerais (%)	120°C	130°C	140°C	150°C
Cl	4,841	4,830	4,583	4,784
K	2,123	2,245	2,167	2,180
P	1,555	1,244	1,140	1,252
S	1,225	1,576	1,464	1,578
Ca	1,079	1,141	1,093	1,142
Ni	0,334	0,091	0,030	0,306
Fe	0,192	0,351	0,310	0,282
Cu	0,156	0,151	0,055	0,187
Na	0,146	0,147	0,104	0,106
Zn	0,112	0,112	0,102	0,112
Sr	0,030	0,025	0,028	0,026
Mg	0,025	0,028	0,028	0,022
Si	0,014	0,023	0,011	0,022

Fonte: Autores, 2021.

Pela análise da Tabela 2, é possível afirmar que a variação da composição percentual dos minerais é mínima entre as amostras de ovo em pó. Assim, o aumento da temperatura do ar de secagem, não interferiu na composição mineral do ovo em pó. Como a composição dos ovos depende de vários fatores como tamanho, alimentação e estado sanitário das aves, essa pequena variação pode ser explicada pela procedência dos ovos utilizados que eram do mesmo lote e do mesmo fabricante, e também pelo fato de terem sido homogeneizados clara com gema através de um agitador antes do processo de secagem. Segundo Armenta e e Guardia (2015) do ponto de vista nutricional, pode-se constatar que os ovos contribuem principalmente com Na, K, P e Ca para a dieta humana, mas também contém Mn, Fe, Zn, Cu e Mn em escala de ppm dependendo de sua origem, com a possibilidade de melhorando a concentração de Se nos ovos

fazendo mudanças na alimentação das galinhas. Segundo (Brito *et al.*, 2021) em relação aos minerais, o ovo tem Fe, P, Zn, K, Se e Mn.

A Tabela 3 mostra os teores de lipídeos, proteínas e carboidratos do ovo em pó, nas temperaturas de 120, 130, 140 e 150°C. Os teores de lipídeos e proteínas presentes no ovo em pó variaram entre 32,423±2,043 e 34,102±2,138; 50,025±0,021 a 51,350±0,440, respectivamente, ressalta-se ainda que o aumento da temperatura do ar de secagem não interfere nos teores de lipídios e proteínas. Acontecimento também ressaltado por (Grassi; Ponsano, 2015). Esses valores encontrados no presente estudo estão próximos aos valores apresentados para o pó de ovo integral de galinha obtido por secagem em spray dryer por (Toledo Hijo, 2010) e por Medina (2009), e para o ovo integral desidratado de avestruz obtido por spray dryer por AQUINO *et al* (estatisticamente os teores de lipídios e proteínas das amostras dos ovos em pó, em relação ao aumento da temperatura de 120 para 150°C, não houve diferença estatística ($p>0,05$)).

Tabela 3 - Resultados da caracterização físico-química dos pós obtidos após o processo de secagem nas diferentes temperaturas

Temperatura	Lipídios	Proteínas	Carboidratos
120°C	32,423±2,043 ^a	50,025±0,021 ^a	2,336±0,141 ^a
130°C	32,511±3,287 ^a	50,100±0,989 ^a	3,349±0,689 ^a
140°C	34,102±2,138 ^a	50,757±0,710 ^a	2,474±0,501 ^a
150°C	32,721±0,181 ^a	51,350±0,440 ^a	2,318±1,122 ^a

*Médias seguidas por mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p>0,05$) pelo teste de Tukey.
Fonte: Autores, 2021.

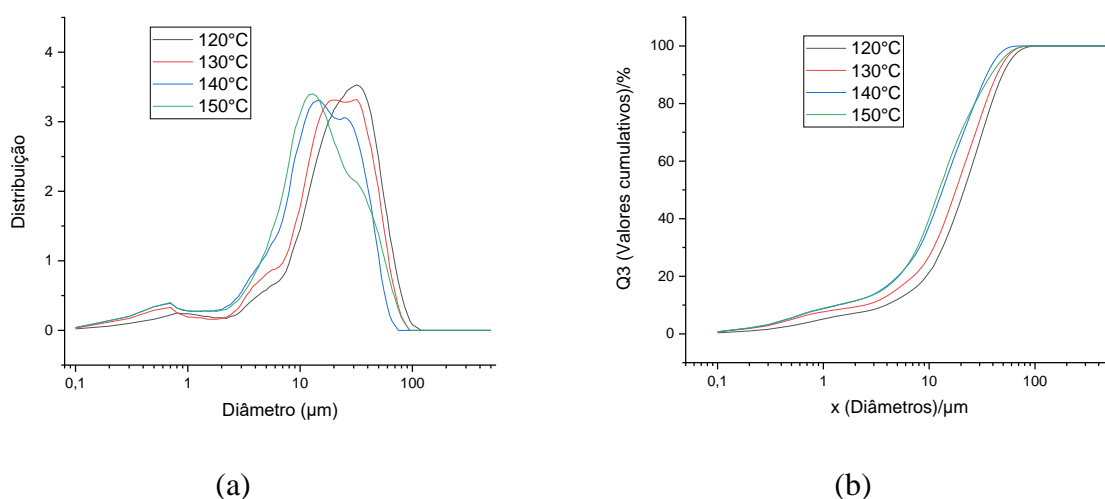
A Tabela 3 mostra os teores de carboidratos presentes nas temperaturas do ar de secagem de 120, 130, 140 e 150°C. Estatisticamente analisando o teor de carboidratos das amostras do ovo em pó com o aumento da temperatura do ar de secagem de 120 para 150 °C, não houve diferença estatística ($p>0,05$).

Analisando as propriedades físico-químicas do ovo em pó, nas condições de secagem estudadas, os resultados foram favoráveis em relação aos parâmetros de qualidade e conservação do produto. Assim, a melhor condição observada para a obtenção de ovo em pó por secagem em spray dryer foi para a temperatura de entrada do ar igual a 120°C que permite um menor gasto energético.

A Figura 1 (a) e (b) mostra os gráficos adquiridos com a realização da análise granulométrica do ovo em pó para as temperaturas de entrada do ar de secagem de 120, 130, 140 e 150°C, apresentam distribuição de partículas com um comportamento bimodal com a

presença de dois picos distintos que mostram a predominância desses tamanhos. Tais resultados se assemelham ao citado por (Tonon; Brabet; Hubinger, 2009), com exceção das temperaturas de 130 e 140 °C, que apresenta comportamento polimodal com três picos. Em todos os gráficos, o primeiro pico é o menor e o segundo, o maior. A predominância do diâmetro das partículas no menor e maior pico foram, respectivamente, para as temperaturas de 120 e 130°C são de 0,5 µm e cerca de 18 µm a 32 µm e para a temperatura de 150°C. No pico intermediário para a curva da temperatura do ar de secagem de 140 °C o diâmetro predominante é de aproximadamente 24 µm. Segundo (Piñón-Balderrama *et al.*, 2020) o tamanho das partículas dos pós obtidos pela secagem por pulverização convencional pode ser classificado em tamanho pequeno (1-5 µm), tamanho médio (5-25 µm) e tamanho grande (10-60 µm).

Figura 1 - Gráficos da análise granulométrica realizada nos pós obtidos no processo de secagem nas diferentes condições sendo (a) distribuição (b) cumulativo



(a)

(b)

Fonte: Autores, 2021.

De acordo com a análise da Figura 1, as amostras estudadas apresentam distribuições de partículas similares, com uma distribuição larga, onde a faixa que há a maior porcentagem de partículas varia de um diâmetro médio de aproximadamente 2 µm a 90 µm para as amostras nas temperaturas de 120 e 130 °C, muda de 2 µm a 80 µm para a amostra da temperatura de 140 °C, e modifica de 6 µm a 140 µm para amostra na temperatura de 150 °C.

Na Tabela 4 são apresentados os diâmetros médios ponderados das análises granulométricas do ovo em pó nas diferentes condições de secagem. Observa-se que nas temperaturas do ar de secagem de 120 e 130°C, as amostras possuem diâmetros médios com 24,74 µm e 21,14 µm, respectivamente. Já os diâmetros médios das amostras expostas as temperaturas de 140 e 150°C, são respectivamente 16,36 µm e 16,81 µm, valores praticamente iguais. Houve uma pequena alteração do diâmetro médio das partículas com a mudança da temperatura, porém essa alteração não apresenta uma real influência sobre o diâmetro.

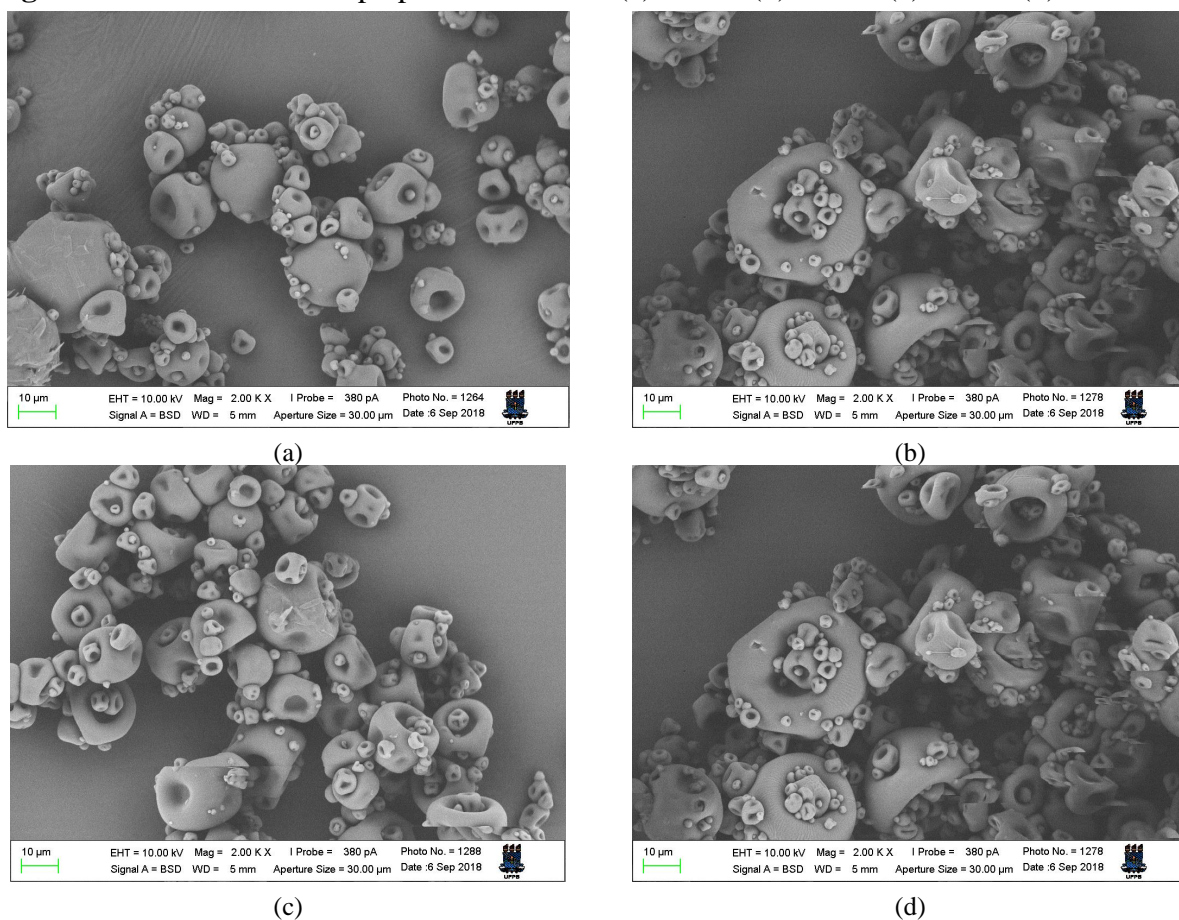
Tabela 4 - Diâmetro médio ponderado das análises granulométricas do ovo em pó nas diferentes condições de secagem

Condição de secagem	Diâmetro médio ponderado (μm)
120°C	24,74
130°C	21,14
140°C	16,36
150°C	16,81

Fonte: Autores, 2021.

As Figuras 2 (a), (b), (c) e (d) mostram as imagens obtidas através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para as amostras nas temperaturas de secagem de 120°C, 130°C, 140°C e 150°C, respectivamente. Para as distintas temperaturas de secagem as amostras exibiram composições de tamanhos e morfologia análogas para os pós de ovo. Em todas as amostras, foi possível ver a existência de partículas de diferentes tamanhos que já havia sido constatado com a distribuição larga ressaltada na análise granulométrica. De acordo com (Westergaard, 2004), produtos particulados resultantes da técnica de secagem por atomização raramente possuem um único tamanho.

Figura 2 - MEV do ovo em pó para as amostras (a) 120°C (b) 130°C (c) 140°C (d) 150°C



Fonte: Autores, 2021.

Nas Figuras 2 (a) e (b), mostram as microestruturas das partículas do ovo em pó obtido por spray dryer, que apresentam formatos esféricos, enrugadas e com vazios, estas são

características comuns dos pós-produzidos principalmente devido à atomização, que resultou em gotículas atomizadas menores com formato esférico (Zhao *et al.*, 2020), estas particularidades são similares as obtidos por (Koç *et al.*, 2011a, 2011b), (Carvalho, 2010) e de (Oliveira; Petrovick, 2009) e em estudos recentes de (Zhao *et al.*, 2020) para a clara do ovo obtido por spray dryer os resultados mostraram características semelhantes com partículas amorfas, arredondadas com superfície lisa ou com alguns amassados. Segundo (Tonon; Brabet; Hubinger, 2009) as rugas ocorrem devido a contração das partículas ao serem submetidas ao processo de secagem seguido do resfriamento e os vazios, ao desenvolvimento de um vacúolo após a formação da “casca” na superfície dessas partículas que incha quando a temperatura extrapola a temperatura de ebulição local e a pressão de vapor dentro deste vacúolo ultrapassa a pressão ambiente local.

Ao analisar os resultados da morfologia obtidos pela microscopia eletrônica de varredura (MEV) e o tamanho da partícula obtidos através da análise granulométrica, ambos são análogos para os pós de ovo obtidos nas diferentes temperaturas de secagem.

4 Conclusão

Concluiu-se que foi possível realizar a secagem em spray dryer do ovo in natura utilizando-se das diferentes temperaturas de entrada do ar de secagem de 120, 130, 140, 150°C.

As propriedades do ovo em pó obtidas neste trabalho e as características das partículas não manifestaram influência na preferência da melhor condição de secagem e os resultados foram favoráveis sobre os parâmetros de qualidade e conservação do produto, considerando que todas as amostras estudadas estavam dentro dos valores para a preservação e estabilidade do produto seco, com resultados parecidos aos encontrados na literatura, mostrando exceção apenas para o teor das cinzas. Portanto, a melhor condição observada para a obtenção de ovo em pó por secagem em spray dryer foi para a temperatura de entrada do ar igual a 120°C que permite um menor gasto energético.

Como sugestão de trabalhos futuros pode-se estudar a utilização de agente carreador na secagem por atomização, o armazenamento, rendimento, avaliação do parâmetro da cor e análises microbiológica.

Referências

ABREHA, E.; GETACHEW, P.; LAILLOU, A.; CHITEKWE, S.; BAYE, K. Physico-chemical and functionality of air and spray dried egg powder: implications to improving diets. **International Journal of Food Properties**, v. 24, n. 1, p. 152-162. 2021. DOI: <http://10.1080/10942912.2020.1867569>. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/10942912.2020.1867569?needAccess=true&role=button>. Acesso em: 16 março 2022.

AMARAL, G.; GUIMARÃES, D.; NASCIMENTO, J. C.; CUSTODIO, S. Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **BNDES Setorial**, 43, 167-207. 2016. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9579/3/BS%2043%20Avicultura%20de%20Opostura_estrutura%20da%20cadeia%20produtiva_corrigido_P_BD.pdf. Acesso em: 14 jun. 2018.

ARMENTA, S.; GUARDIA, M. de la. **Mineral content of eggs. Handbook of Mineral Elements in Food**. Pondicherry, India: Willey Blackwell, 2015.

AQUINO, J. de S.; SILVA, J. A. da; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, C., M. de. Caracterização físico-química e microscópica de ovos desidratados de avestruz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 44, n. 4, p. 468-473, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pat/v44n4/v44n4a15.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2018.

BRASIL. Resolução - RDC Nº 360, DE 23 de dezembro de 2003. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - (ANVISA). (2003). Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/res0360_23_12_2003.html. Acesso em: 28 jun. 2023.

BRITO, Benito Guimarães de et al. **Produção e curiosidades sobre o ovo**. Porto Alegre, RS: SEAPDR/DDPA, 2021.

CARVALHO, F. de. **Avaliação de desempenho de spray dryer piloto para produção de ovo em pó**. 2010. 173 f. Tese (Doutorado em Ciências do Alimento) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2010. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/387/1/TESE_Constru%C3%A7%C3%A3o%20e%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20desempenho%20de%20um%20spray%20dryer%20piloto.pdf. Acesso em: 20 jul. 2018.

CASTRO, L. A. S. de.; SANHUEZA, R. M. V.; CANTILLANO, R. F. F.; ROCHA, N. E. M. Metodologia para observação da camada de cera em maçãs, utilizando microscopia eletrônica de varredura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 774-775, dez. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000300053>. Acesso em: 06 fev. 2024.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; STRINGHETA, P. C.; CARDOSO, J. B. Equilíbrio higroscópico e atividade de água para ovo integral processado em “spray dryer”. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina grande, v. 4, n. 1, p. 15-22, 2002. Disponível em: <https://docplayer.com.br/15603775-Equilibrio-higroscopico-e-atividade-de-agua-para-ovo-integral-processado-em-spray-dryer.html>. Acesso em: 21 set. 2021.

GRASSI, T. L. M.; PONSANO, E. H. G. Desidratação de gemas de ovos por secagem por atomização em diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 12, p. 1186-1191, dez. 2015. DOI: <http://10.1590/S0100-204X2015001200008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/vfjSmYhJvqLCLrz3kqjHdgG/?lang=pt#>. Acesso em: 20 set. 2021.

FAO. (2010). **Agribusiness Handbook. Poultry Meat & eggs**. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/al175e/al175e.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2018.

FOLCH, J.; LESS, M.; SLOANE STANLEY, G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. v. 226, p. 497-509, ago. 1956. Disponível em: <https://asset-pdf.scinapse.io/prod/2168526937/2168526937.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. (2008). Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2020.

KOÇ, M.; KOÇ, B.; SUSYAL, G.; YILMAZER, M. S.; ERTEKIN, F. K.; BAĞDATLIOĞLU, N. Functional and physicochemical properties of whole egg powder: effect of spray drying conditions. **Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 2, p. 141–149, mar–apr. 2011a. DOI: <http://10.1007/s13197-010-0159-1>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13197-010-0159-1>. Acesso em: 24 nov. 2021.

KOÇ, M.; KOÇ, B.; SUSYAL, G.; YILMAZER, M. S.; ERTEKIN, F. K.; SUSYAL, G.; BAĞDATLIOĞLU, N. Physicochemical Characterization of Whole Egg Powder Microencapsulated by Spray Drying. **Drying Technology**, v. 29, n. 7, p. 780-788, may. 2011b. DOI: <http://10.1080/07373937.2010.538820>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373937.2010.538820>. Acesso em: 24 nov. 2021.

MASILUNGAN-MANUEL, J. T.; MANUEL, M. C. E.; LIN, P. T.; SORIANO, A. N. Optimization of the drying parameters for the short-form spray dryer producing powdered egg with 20% tapioca starch additive. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 7, n. 9, p. 1–11, set. 2015. DOI: <http://10.1177/1687814015602603>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1687814015602603>. Acesso em: 25 nov. 2021.

MEDEIROS, F. M.; ALVES, M. G. M. Qualidade de Ovos Comerciais. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 04, p. 3515-3524, jul-ago. 2014. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/artigos/artigo-257-qualidade-de-ovos-comerciais/>. Acesso em: 13 ago. 2018.

MEDINA, M. K. J. **Óxidos de colesterol em ovo em pó comercial: ocorrência e efeito do processamento e da adição de tocoferóis no produto armazenado**. 2009. 117 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-19032010-154454/publico/MedinaMKJTese.pdf>. Acesso em: 09 out. 2018.

NASCIMENTO FILHO, V. F. **Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED- XFR) e por reflexão total (TXRF)**, 1999. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/tecnicas-analiticas-nucleares-de-fluorescencia-de-raios-x/4892778/>. Acesso em: 14 ago. 2018.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (spray-drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 20, n. 4, p. 641-650,

ago.-set. 2010. DOI: <http://10.1590/S0102-695X2010000400026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/ZFWSgs7N57hZ8fYc5yqcJDv/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 15 ago. 2018.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L.H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. v. 1, 1a ed.. Porto Alegre, RS: Artmed, 2005.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C. **Análises de Materiais Biológicos**. Universidade Estadual de Campinas, 2006. Disponível em: <https://docplayer.com.br/16289290-Analises-de-materiais-biologicos.html>. Acesso em: 26 maio 2020.

PIÑÓN-BALDERRAMA, C. I.; LEYVA-PORRAS, C.; TERÁN-FIGUEROA, Y.; ESPINOSA-SOLÍS, V.; ÁLVAREZ-SALAS, C.; SAAVEDRA-LEOS, M. Z. Encapsulation of active ingredients in food industry by spray-drying and nano spray-drying technologies. *Processos*, v. 8, n. 8, p. 889, Jul. 2020. DOI: <https://10.3390/pr8080889>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/8/8/889>. Acesso em: 15 jul. 2021.

SOUZA, A. L. R. de; RODRIGUES, F. M.; SILVA, G. V. da; SANTOS, R. R. dos. Microencapsulação de sucos e polpas de frutas por spray drying: uma revisão. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 327-335, 2015. Disponível em: <https://docplayer.com.br/68768104-Microencapsulacao-de-sucos-e-polpas-de-frutas-por-spray-drying-uma-revisao.html>. Acesso em: 27 jun. 2023.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S., SILVA, L. C. Características dos ovos. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES; Pró-reitoria de Extensão-Programa Institucional de Extensão. **Boletim Técnico** - PIE-UFES: 00707, 2007. Disponível em: http://www.agais.com/telomc/b00707_caracteristicas_ovos.pdf. Acesso em: 10 jun. 2020.

TOLEDO HIJO, A. A. C.; MARQUES, G. R.; BORGES, S. V.; COSTA, J. M. G.; SILVA, E.K.; CARVALHO, F. Caracterização físico-química de ovo em pó produzido por spray drying. In: **XXIII CONGRESSO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**, 23., 2010, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2010. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/lavras/resumos/1786.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 444-450, abr. - jun. 2009. DOI: <http://10.1590/S0101-20612009000200034>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/H6ZgVXQWbkwMFCNsKYCbjbv/>. Acesso em: 23 abril 2020.

WESTERGAARD, V. **Milk powder technology: evaporation and spray drying**. Th ed. Copenhagen: Niro A/S, 2004.

ZHAO, J.; LIU, L. S.; SABLANI, S. S.; PENG, Y. J.; XIÃO, H. W.; BAI, J.; GUO, H. Comparison of the Thermal Transitions of Spray-Dried and Freeze-Dried Egg Whites by Differential Scanning Calorimetry. **Food and Bioprocess Technology**. v. 13, p. 1329-1343,

jun. 2020. DOI: <http://10.1007/s11947-020-02477-y>. Disponível em:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-020-02477-y>. Acesso em: 14 abril 2021.