

Caracterização da farinha de semente de abóbora obtida por secagem em micro-ondas e estufa

Characterization of pumpkin seed flour obtained by drying in microwaves and oven

DOI:10.34117/bjdv7n3-100

Recebimento dos originais: 08/02/2021

Aceitação para publicação: 01/03/2021

Kássia Héllen Vieira

Mestra em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Instituição: Faculdade de Saúde e Humanidades Ibituruna
Endereço: Avenida Professora Aínda Mainartina Paraíso, nº99, Ibituruna, Montes Claros – MG
E-mail: kah-1815@hotmail.com

Fabiana Regina Lima

Doutoranda em Ciência dos Alimentos
Instituição: Universidade Federal de Lavras –UFLA -MG
Endereço: Aqueça Sol, Lavras -MG
E-mail: fabianalima1818@hotmail.com

Regiane de Melo

Mestra em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri –UFVJM –MG
Endereço: Rodovia MGT 367 -Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina –MG
E-mail: regianemelo.n@gmail.com

Keyla Carvalho Pereira

Mestra em Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri –UFVJM –MG
Endereço: Rodovia MGT 367 -Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina –MG
E-mail: keyla.carvalho@ict.ufvjm.edu.br

Cássia Duarte Oliveira

Doutoranda em Ciência dos Alimentos
Instituição: Universidade Federal de Lavras –UFLA -MG
Endereço: Aqueça Sol, Lavras -MG
E-mail: cassiaduartemg2@hotmail.com

Cristina Ferreira Mendes

Bacharel em Engenharia Química
Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri –UFVJM –MG
Endereço: Rodovia MGT 367 -Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina –MG
E-mail:cryystinaa@hotmail.com

Nísia Andrade Villela Dessimoni Pinto

Doutora em Ciência de Alimentos

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri –UFVJM –MG

Endereço: Rodovia MGT 367 -Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina –MG

E-mail: nisia.villela@ufvjm.edu.br

Poliana Mendes de Souza

Doutora em Ciência dos Alimentos

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri –UFVJM –MG

Endereço: Rodovia MGT 367 -Km 583, nº 5000, Alto da Jacuba, Diamantina –MG

E-mail: poliana.souza@ict.ufvjm.edu.br

RESUMO

Objetivou-se avaliar a influência dos tratamentos térmicos na composição nutricional e físico-químicas da farinha da semente de abóbora obtida pela secagem em micro-ondas e em estufa. As sementes de abóbora, da espécie *Cucurbita maxima* L, adquiridas da agricultura familiar da região de Diamantina - MG, foram extraídas para a produção da farinha. Uma parte das sementes foi submetida a secagem em estufa convencional e outra em micro-ondas. Determinou-se a composição centesimal e de minerais, solubilidade de nitrogênio, absorção de água e óleo, volume de espuma e estabilidade de emulsão, oxidação proteica e oxidação lipídica das farinhas produzidas. Os valores de carboidrato total, lipídios, resíduo mineral fixo e minerais não diferiram estatisticamente entre as amostras. O conteúdo médio de proteínas e fibra alimentar para a farinha de semente de abóbora obtida pelo tratamento térmico em micro-ondas e estufa, foi de $5,22 \pm 0,05$ e $4,95 \pm 0,09$ e $65,50 \pm 0,55$ e $63,95 \pm 0,64$, respectivamente. Com relação a solubilidade de nitrogênio de acordo com diferentes tipos de pH, houve diferença significativa entre os processamentos nos pHs 7, 8 e 9 e maiores valores de solubilidades na farinha de semente de abóbora seca em micro-ondas. Os tratamentos térmicos influenciaram significativamente na absorção de água, na oxidação proteica e lipídica, no volume de espuma nos tempos 30, 60, 90, 120 e 150 minutos e na estabilidade de emulsão em todos os tempos analisados.

Palavras-chave: *Cucurbita maxima* L, nutriente, propriedades funcionais, processamento térmico.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of heat treatments on the nutritional and physical-chemical composition of pumpkin seed flour obtained by microwave and oven drying. Pumpkin seeds, of the species *Cucurbita maxima* L, purchased from family farming in the region of Diamantina-MG, were extracted for the production of flour. Part of the seeds was dried in a conventional oven and another in a microwave. The chemical and mineral composition, nitrogen solubility, water and oil absorption, foam volume and emulsion stability, protein oxidation and lipid oxidation of the flours produced were determined. The values of total carbohydrate, lipids, fixed mineral residue and minerals did not differ statistically between samples. The average protein and dietary fiber content for pumpkin seed flour obtained by microwave and oven heat treatment was 5.22 ± 0.05 and 4.95 ± 0.09 and $65.50 \pm 0, 55$ and 63.95 ± 0.64 , respectively. Regarding nitrogen solubility according to different types of pH, there was a significant difference between the processing at pH 7, 8 and 9 and that there were higher

solubility values in microwave dried pumpkin seed flour. The thermal treatments significantly influenced water absorption, protein and lipid oxidation, foam volume at times 30, 60, 90, 120 and 150 minutes and emulsion stability at all times analyzed.

Keywords: Cucurbita maxima L, nutrient, functional properties, thermal processing.

1 INTRODUÇÃO

Nativa das Américas, pertencente à família Cucurbitaceae, a abóbora *Cucurbita máxima* L, popularmente conhecida como moranga é amplamente cultivada no Brasil, principalmente pela agricultura familiar (FISCHER et al., 2016), e apresenta extrema importância econômica, social e nutricional.

As sementes de abóbora, mesmo sendo consideradas fontes de proteínas, possuir altos teores de fibra alimentar, óleos poli-insaturados e exercer atividade antioxidante (NAVES et al., 2010; PATEL; RAUF, 2017), são descartadas tanto a nível doméstico quanto no agroindustrial, o que evidencia o grande desperdício dos compostos presentes neste resíduo (SILVA et al., 2015a; FERREIRA et al., 2020).

Uma alternativa para o aproveitamento das sementes de abóbora é a elaboração de farinha, podendo ser utilizada como ingrediente em produtos como os de panificação e de confeitarias (SILVA et al., 2015a).

Para obtenção da farinha alguns métodos de secagem são utilizados, sendo o mais comum a secagem por estufa. Este tratamento convencional é efetivo na inativação microbiana, mas devido à alta temperatura ou longo tempo de secagem, a composição físico-química da matéria prima pode sofrer alterações (DIAS, 2013). Dessa forma devem ser utilizadas alternativas a fim de obter-se um produto final de melhor qualidade com um tempo de processamento viável e uma dessas alternativas é a secagem pelo uso de radiação micro-ondas.

O micro-ondas apresenta vantagens em diversos segmentos como na desidratação e secagem de alimentos. As radiações eletromagnéticas são de alta frequência, reduzindo o tempo necessário de tratamento do alimento, economizando energia (DIAS, 2013). Todos esses motivos tornam esta tecnologia viável e competitiva, economicamente e ambientalmente, para ser implementada em sistemas industriais (MENEZES et al., 2014).

Neste contexto, o objetivo do estudo foi a obtenção e caracterização da farinha da semente de abóbora produzida pelo método convencional de secagem em estufa e pela aplicação de radiação micro-ondas e avaliar a influência dos tratamentos térmicos na

composição nutricional e propriedades funcionais e físico-químicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA E PREPARO DA AMOSTRA

Foram adquiridas seis abóboras maduras da espécie *Cucurbita maxima* L. da agricultura familiar, na região de Diamantina – MG, Brasil, no período de julho a agosto de 2017. A seleção das abóboras foi feita considerando-se o ponto ideal de maturidade e integridade da casca. Foram transportadas ao Laboratório de Conservação do Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal Dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e higienizadas em solução de hipoclorito de sódio (200 mg kg^{-1}), por imersão durante dez minutos. Após, foram secas à temperatura ambiente e partidas para a retirada manual das sementes, que foram pesadas e distribuídas em cestas de tela metálica, forradas com papel. Subdividiu-se a quantidade obtida de sementes, as quais foram submetidas ao processamento térmico por dois diferentes métodos de secagem: estufa e micro-ondas.

Para a secagem em estufa, as cestas contendo as sementes ficaram acomodadas na estufa de circulação de ar forçada, a uma temperatura média de 60°C por 24 horas. Já para a secagem no micro-ondas, as sementes foram levadas ao micro-ondas, sendo que inicialmente foram realizados testes de 30 em 30 segundos, as quais foram pesadas até a obtenção de peso constante, sendo que o tempo de exposição para este resultado foi de três minutos a 82°C .

Para obtenção das farinhas, as sementes secas foram processadas em triturador doméstico da marca KitchenAid em velocidade lenta por 45 segundos. A farinha produzida foi acondicionada em frasco hermeticamente fechado, ao abrigo da luz, sob refrigeração entre 4 e 8°C , para posteriores análises.

2.2 ANÁLISES QUÍMICAS

As análises realizadas para a caracterização da farinha de semente de abóbora (FSA) foram realizadas em triplicata e executadas de acordo com os métodos utilizados por Naves *et al.* (2010).

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

Para determinação da umidade, aqueceu-se em estufa a $100 - 105^{\circ}\text{C}$ até massa constante. A proteína bruta foi obtida através do método de Kjeldahl. A fibra alimentar foi

quantificada por método gravimétrico-enzimático. Para a análise de cinzas (resíduo mineral fixo), incinerou-se a farinha de semente de abóbora a 515 – 550 °C. O teor de carboidrato total foi calculado por diferença. O teor de lipídios foi determinado segundo o método Soxhlet, utilizando como solvente orgânico, o hexano. Para cálculo do valor calórico, utilizou-se os fatores de conversão de Atwater: 4 kcal.g⁻¹ para proteínas e carboidratos e 9 kcal.g⁻¹ para lipídios.

MINERAIS

Os teores de sódio (S) e fósforo (P) foram determinados por colorimetria; os teores de magnésio (Mg), cálcio (Ca), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) e ferro (Fe) por espectrofotometria de absorção atômica; e potássio (K) por fotometria de chama.

2.3 ANÁLISES DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS E FÍSICO-QUÍMICAS

SOLUBILIDADE DE NITROGÊNIO

As amostras de FSA submetidas aos dois tratamentos foram suspensas em água destilada, ajustando-se o pH em 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 com solução de HCl ou NaOH padrão. Logo depois, as amostras foram submetidas à agitação horizontal, em temperatura ambiente, por 45 minutos. Posteriormente, foram centrifugadas a 9750 × g/10 minutos, e o sobrenadante foi determinado segundo o método de Kjeldahl (BEUCHAT, 1977).

ABSORÇÃO DE ÁGUA E ÓLEO

Suspendeu-se a FSA em água ou óleo e essa suspensão foi homogeneizada por 60 segundos com o auxílio de um mixer. Logo em seguida, ocorreu a centrifugação dessa mistura a 2000 x g/10 minutos. O volume do sobrenadante foi dosado e a quantidade absorvida de água ou óleo foi multiplicada pela densidade respectiva de cada líquido para a conversão em gramas (OKEZIE; BELLO, 1998).

VOLUME DE ESPUMA

Para obtenção dos valores de volume de espuma (VE) a FSA foi suspensa em água destilada e homogeneizada com mixer por 3,5 minutos. Posteriormente, a mistura foi transferida para uma proveta para determinação dos volumes de espuma nos tempos de 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 minutos. Para o cálculo do volume de espuma que permaneceu ao longo do tempo, considerou-se como 100% o volume de espuma determinado no tempo zero (WANG, CABALLERO-CORBOBA; SGARBIERI, 1992).

ESTABILIDADE DE EMULSÃO

A estabilidade da emulsão da farinha de semente de abóbora foi realizada de acordo com Naves *et al.* (2010), com algumas modificações. A farinha foi dispersa em água destilada, e o óleo foi adicionado aos poucos, sob agitação moderada, utilizando um mixer, por 30 segundos. Em seguida a solução foi agitada por 60 segundos, para a homogeneização do sistema. O homogeneizado foi transferido para uma proveta, e a mudança volumétrica da espuma foi determinada após 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 e 300 minutos.

OXIDAÇÃO PROTEICA

Para a determinar a oxidação das proteínas estimou-se se quantidade de grupos carbonila que se formaram durante a análise. A concentração de proteínas foi calculada por espectrofotometria a 280 nm, utilizando como padrão a albumina bovina em guanidina 6M. Os resultados foram expressos em micromol (μmol) carbonil por grama (g) de proteína (LEVINE *et al.*, 1990).

OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Para determinar o nível de oxidação lipídica foi realizado o teste com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS). Obteve-se o malonaldeído da amostra através do processo de extração. A leitura dos resultados foi realizada por espectrofotometria a 531 nm. A quantificação foi executada em curva padrão de solução de dietilacetil -TEP (10^{-8} a $10 \cdot 10^{-8}$ mol/mL). Os resultados foram expressos em miligramas de malonaldeído por quilograma (mg MDA kg^{-1}) de amostra (RAHARJO; SOFOS; SCHIMIDT, 1992).

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e foram analisados estatisticamente com o auxílio do teste de Tukey para a solubilidade de nitrogênio e para as demais variáveis foi aplicado teste t de Student. Considerou-se o nível de 5% de significância ($p < 0,05$), para ambos os testes aplicados, a fim de comparar a diferença estatística entre médias das amostras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados na Tabela 1 demonstram diferenças significativas nos valores de umidade, valor calórico total, proteínas e fibra alimentar. No entanto os valores

de carboidrato total, lipídios e resíduo mineral fixo não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 1 – Médias em percentual (%) da umidade e composição centesimal das farinhas de semente de abóbora submetidas ao processamento térmico em micro-ondas e estufa convencional.

Variáveis	Métodos de Secagem	
	Micro-ondas	Estufa
Umidade	5,06± 0,16 ^a	6,15± 0,14 ^b
Valor Calórico	550,47±1,19 ^a	543,24±1,89 ^b
Carboidrato Total	49,24±0,27 ^a	49,15±0,79 ^a
Proteínas	5,22±0,05 ^a	4,95±0,09 ^b
Lipídios	36,96±0,17 ^a	36,32±0,50 ^a
Fibra Alimentar	65,50±0,55 ^a	63,95±0,64 ^b
Resíduo Mineral Fixo	3,52±0,04 ^a	3,44±0,12 ^a

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo Teste t de Student, com nível de 5% de probabilidade.

Quanto mais elevada for a umidade, maior será a proliferação de microrganismos no meio. As FSA obtidas no micro-ondas e na estufa apresentaram teores de umidade igual 5,06% ± 0,16 e 6,15% ± 0,14 respectivamente. Estes valores encontram-se abaixo do limite máximo estabelecido para farinhas, que é no máximo 15% de umidade segundo a Resolução RDC n° 263 (BRASIL, 2005). Ferreira *et al.* (2020) verificou um valor de 5,25 de umidade ao caracterizar a FSA obtida através da secagem das sementes de abóbora em estufa por 24 horas, a 60° C, um valor próximo ao encontrado neste estudo para a FSA produzida em micro-ondas. A variedade da abóbora utilizada, tempo de processamento, tipo de processamento, espessura e forma de preparo podem influenciar no teor de umidade da FSA (SILVA *et al.*, 2015b; CHISTÉ; COHEN, 2011).

Na FSA submetida ao processamento térmico no micro-ondas, o teor de proteínas foi maior em comparação à submetida ao tratamento em estufa convencional. Isso pode ser explicado pela diferença do tempo de processamento, visto que quanto maior o tempo de exposição a elevadas temperaturas, maior é a probabilidade de desnaturação das proteínas (CAVALCANTI *et al.*, 2010). Ao observar os valores encontrados, observa-se uma quantidade significativa de proteínas se comparado a outras farinhas como a farinha de arroz e de mandioca (REZIG *et al.*, 2012). O valor calórico total apresentou-se com maior valor na FSA que foi obtida pelo processamento térmico no micro-ondas, devido, principalmente ao maior de teor de proteínas encontrado nesta amostra.

Ao avaliar os efeitos fisiológicos da FSA no intestino de ratos, Pumar *et al.* (2008) verificaram que a FSA tem potencial para incrementar em preparações devido a quantidade de fibra alimentar presente e contribui para atingir o valor médio diário de

consumo de fibras. O teor médio de fibra alimentar para a FSA obtida pelo tratamento térmico em micro-ondas e estufa, foi de $65,50 \pm 0,55$ e $63,95 \pm 0,64$, respectivamente. Segundo Bernaud e Rodrigues (2013), a quantidade de consumo de fibra alimentar diária recomendada para adultos é de, no mínimo, 30g. Esse elevado teor de fibra alimentar na FSA, é atribuído à quantidade de proteínas presente nas sementes de abóbora, já reportado por Naves *et al.* (2010).

Em relação aos valores de carboidrato total, lipídios e resíduo mineral fixo, as diferentes formas de processamento térmico não interferiram nestes valores. Os valores encontrados neste estudo foram bem próximos aos valores encontrados por Silva e colaboradores (2011), ao determinar a composição centesimal da FSA.

Na Tabela 2 constam os teores médios de minerais da FSA submetidas ao processamento térmico em micro-ondas e estufa convencional. Não houve diferença significativa, entre as amostras, no teor de minerais.

Tabela 2 – Teores médios de macrominerais (sódio, fósforo, magnésio, cálcio e potássio) ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) e de microminerais (cobre, zinco, manganês e ferro) ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) das farinhas de semente de abóbora submetidas ao processamento térmico em micro-ondas e estufa convencional.

Variáveis	Métodos de Secagem	
	Micro-ondas	Estufa
Sódio	$0,28 \pm 0,01^a$	$0,28 \pm 0,01^a$
Fósforo	$0,85 \pm 0,01^a$	$0,84 \pm 0,01^a$
Magnésio	$0,35 \pm 0,03^a$	$0,35 \pm 0,02^a$
Cálcio	$0,05 \pm 0,01^a$	$0,05 \pm 0,01^a$
Potássio	$0,08 \pm 0,01^a$	$0,29 \pm 0,37^a$
Cobre	$15,89 \pm 0,07^a$	$15,61 \pm 0,37^a$
Zinco	$64,57 \pm 0,32^a$	$64,30 \pm 0,27^a$
Manganês	$54,74 \pm 0,15^a$	$54,55 \pm 0,31^a$
Ferro	$97,60 \pm 0,46^a$	$97,27 \pm 0,21^a$

Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo Teste t de Student, com nível de 5% de probabilidade.

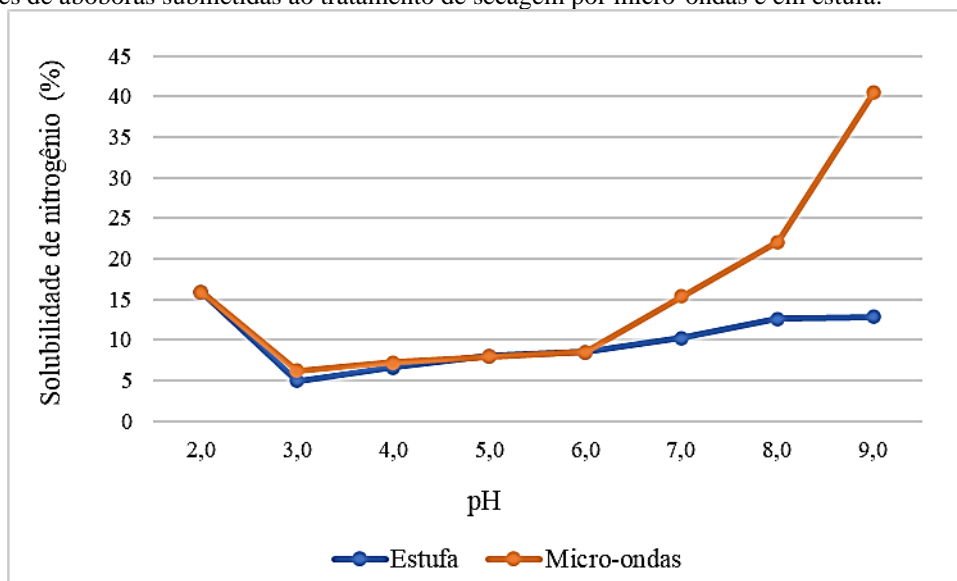
As diferentes formas de processamento térmico da FSA não alteraram a composição de minerais. Os valores de teores dos minerais avaliados encontrados neste estudo foram semelhantes aos encontrados por Naves *et al.* (2010), ao comparar a FSA obtida a partir de sementes cruas e cozidas. Observa-se que a FSA apresenta uma boa constituição de minerais, sendo que este fato pode ser atribuído à composição de minerais presente na semente de abóbora como fósforo, magnésio, manganês e zinco. A semente de abóbora, segundo documenta-se na literatura por Naves *et al.* (2010), ao ser convertida em farinha por diferentes formas de processamento térmico, não apresenta perdas significativas de minerais.

A solubilidade de produtos proteicos é dependente do estado físico-químico de suas moléculas de proteínas, a qual é favorável ou adversamente afetada pelo calor, secagem ou outros tratamentos de processos durante sua produção e armazenamento (MORR *et al.*, 1985). Ela é um indicador importante em sistemas alimentares e também da extensão da desnaturação de compostos decorrentes de tratamento térmico ou químico (ALOBO, 2003).

A solubilidade da proteína é medida pelo índice de solubilidade de nitrogênio, isto é, a porcentagem de proteína que se mantém em solução ou dispersão coloidal sob condições específicas e que não sedimenta com forças centrífugas moderadas (ORDOÑEZ *et al.*, 2005). As variações de pH modificam a carga líquida da molécula de proteína, alterando as forças atrativas e repulsivas entre as proteínas e sua capacidade de interagir com a água (BODERIAS e MONTERO, 1988).

A Figura 1 mostra a curva de solubilidade do nitrogênio das FSA submetidas aos diferentes tratamentos, estufa e micro-ondas, em diferentes valores de pH.

Figura 1. Curvas representativas dos valores da solubilidade do nitrogênio, em diferentes pH, da farinha de sementes de abóboras submetidas ao tratamento de secagem por micro-ondas e em estufa.



Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, verificou-se que nos pH 2, 3, 4, 5 e 6 os tratamentos aplicados não levaram a diferenças significativas ($p > 0,05$) na solubilidade do nitrogênio.

Para ambos processamentos, no pH 3 ocorreu a menor solubilidade do nitrogênio e no pH 9 a maior. De acordo com Naves *et al.*, 2010, o ponto isoelétrico das proteínas vegetais está entre o pH 3 e 5, o que justifica a baixa solubilidade encontrada no pH 3. Já

a maior solubilidade no pH 9 pode ser explicada pelo fato deste pH estar mais distante do ponto isoelétrico. De um modo geral, a solubilidade do nitrogênio é mínima no pH isoelétrico e aumenta em pH distante do ponto isoelétrico, independente do processamento.

Em estudo, Carvalho (2004), observou que a farinha desengordurada obtida de sementes de cupuaçu, apresentou a menor solubilidade proteica no pH 3,5, sendo este, portanto, considerado o ponto isoelétrico das proteínas desse produto. A partir deste ponto, o autor observou um aumento progressivo na solubilidade até o pH 9,0.

Pode-se verificar maiores valores de solubilidades nos pH 7, 8 e 9 para as sementes secas em micro-ondas, o que sugere que a secagem em estufa tenha interferido de forma negativa. O tratamento térmico utilizado pode ter levado a uma desnaturação proteica resultando na diminuição da solubilidade.

Na Tabela 3 estão agrupados os resultados encontrados para as análises de absorção de água e óleo, oxidação proteica e oxidação lipídica.

Tabela 3 – Caracterização das farinhas de semente de abóbora submetidas ao processamento térmico em micro-ondas e estufa convencional quanto à absorção de água e óleo, oxidação proteica e oxidação lipídica.

Variáveis	Métodos de Secagem	
	Micro-ondas	Estufa
Absorção de água *	173,33± 10,02 ^a	152,67± 2,52 ^b
Absorção de óleo*	596,33±9,87 ^a	582,67±10,60 ^a
Oxidação proteica (Carbonilas)**	31,60±1,30 ^a	41,80±2,59 ^b
Oxidação lipídica (TBARS)***	0,57±0,25 ^a	5,50±0,40 ^b

*Os valores médios estão demonstrados em porcentagens. ** Os valores médios estão expressos em μmol carbonil/ g de proteína. *** Os valores médios estão expressos em mgMDA.kg^{-1} . Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem estatisticamente pelo Teste t de Student, com nível de 5% de probabilidade.

A absorção de água é uma propriedade de hidratação (BARBOSA *et al.*, 2008). Verifica-se pela Tabela 3, que houve diferença significativa na propriedade funcional supracitada entre as amostras e que a absorção de água foi maior para farinhas produzidas em micro-ondas (173 %) quando comparado a farinha produzida em estufa (152 %). Porte *et al.* (2011) associam a capacidade de absorção de água ao elevado teor de fibras presentes em vegetais, como é o caso da abóbora.

Em relação a capacidade de absorção de óleo pode-se observar que essa propriedade também foi maior para farinha produzida em micro-ondas (596 %) em comparação a farinha elaborada em estufa (582 %) (Tabela 3). Cabe ressaltar que essa

propriedade é atribuída a hidrofobicidade das moléculas (CHANDI; SOGI, 2007). Não houve diferença significativa entre as amostras, o que demonstra que o método de secagem aplicado não interferiu nos resultados relacionados à absorção de óleo.

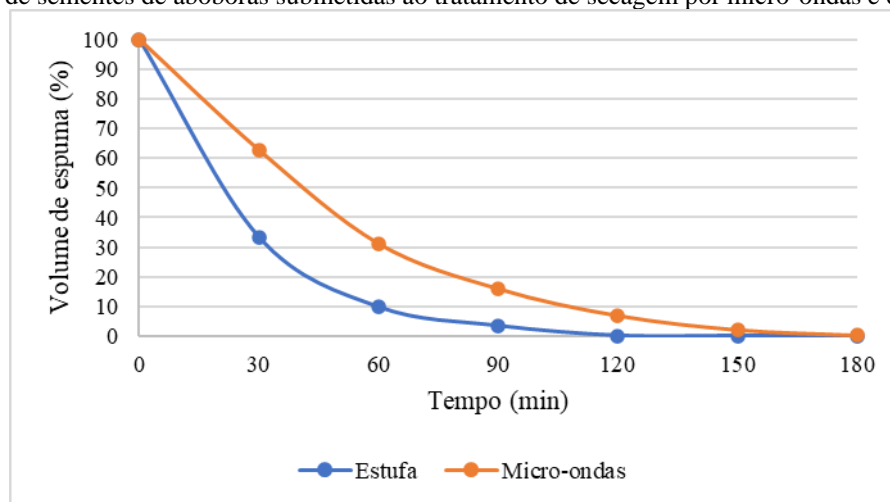
Assim, a absorção de óleo foi maior que a de água apontando uma alta retenção de óleo pelas farinhas.

Observa-se ainda na Tabela 3 que os resultados encontrados ao analisar a oxidação de proteínas e lipídios diferiram significativamente entre as FSA submetidas à secagem em estufa e em micro-ondas. Observa-se que a FSA processada em estufa teve um maior nível de oxidação tanto de proteínas quanto de lipídios e, com isso, podemos inferir que quanto maior a temperatura e o tempo de exposição ao calor, maior o nível de oxidação lipídica e proteica como documentado por Lima Júnior *et al.* (2013) e Bravo (1998).

Trabalhos em que foram realizadas essas análises em farinhas foram escassos para compreender os efeitos dos processamentos térmicos na oxidação de lipídios e proteínas.

Na Figura 2 estão apresentadas as curvas de volume de espuma FSA submetidas aos diferentes tratamentos, estufa e micro-ondas, em diferentes tempos.

Figura 2. Curvas representativas dos valores de volume de espuma em porcentagens, em diferentes tempos, da farinha de sementes de abóboras submetidas ao tratamento de secagem por micro-ondas e em estufa.



As espumas são consideradas dispersões de gotas de gás, podendo ser de fase contínua líquida ou semi-sólida, e assim como nas emulsões, nas espumas também é preciso energia mecânica para a formação da interface e são formadas pelas lamínulas (PEREDA *et al.*, 2005).

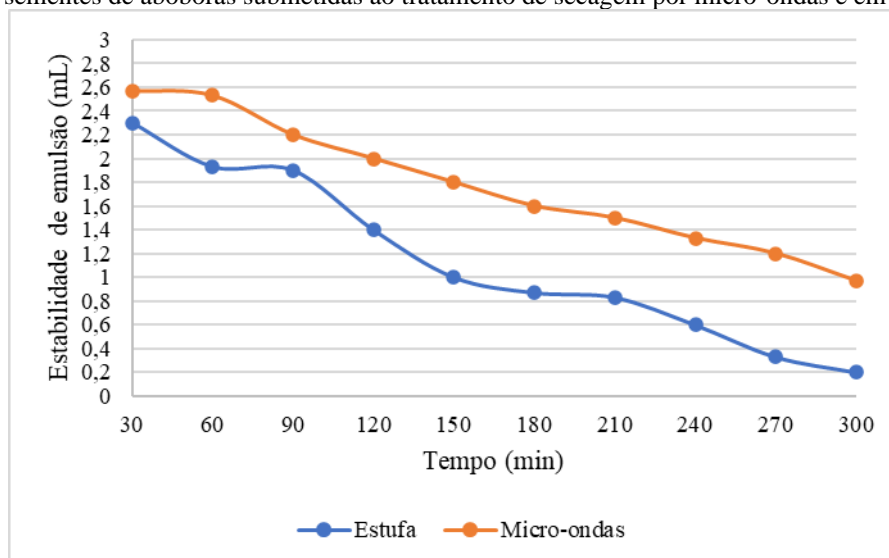
Os tratamentos térmicos apresentaram diferenças significativas no VE (volume de

espuma), a 5% de probabilidade pelo teste de T, nos tempos de 30, 60, 90, 120 e 150 minutos. É possível observar, na Figura 2 que no tempo de agitação de 30 minutos foram obtidas as melhores médias de permanência do VE para ambos os tratamentos térmicos, sendo de 62,73 % para a FSA do micro-ondas e 33,26% para FSA da estufa.

Em todos os tempos de agitação, diferentes significativamente, a maior preservação do VE foi encontrado na FSA obtida pela secagem em micro-ondas, o que indica que a espuma formada por essa FSA é mais estável, e portanto apresenta boas características espumantes. O que pode estar relacionado com o maior teor de proteínas encontrado na farinha obtida por secagem em micro-ondas, pois segundo Halling (1981) as proteínas podem agir como estabilizantes desse sistema, acumulando-se na interface ar-água, alterando as propriedades de superfície. As bolhas são separadas por uma camada de líquido, denominada de lamela, formando uma interface gás-líquido de elevada proporção, resultando num filme adsorvido nesta região que previne a coalescência das bolhas de ar. Essa estabilidade é importante em formulações em que se requeira a formação de espuma, como suspiros, merengues, mousses e bolos (OKEZIE; BELLO, 1988; FENNEMA, 1993).

Para a estabilidade de emulsão, os volumes médios obtidos diferiram significativamente entre as amostras submetidas aos diferentes processamentos térmicos em todos os tempos observados ($p < 0,05$). Ao analisar a Figura 3, observa-se que no decorrer do tempo, após agitação, houve redução na estabilidade de emulsão em ambos os processamentos, apresentando assim baixa estabilidade de emulsão. Percebe-se que a FSA submetida à secagem em estufa apresentou menor estabilidade no decorrer do tempo analisado. Naves *et al.* (2010) também observaram baixa estabilidade da emulsão para sementes de abóbora cozidas em água e vapor.

Figura 3. Curvas representativas dos valores de estabilidade de emulsão em mL, em diferentes tempos, da farinha de sementes de abóboras submetidas ao tratamento de secagem por micro-ondas e em estufa.



Shi *et al.* (2020) avaliaram a estabilidade da emulsão em farinhas de quinoa do Peru e farinha de quinoa do Norte em pH 3, 5 e 7. O pH influenciou na estabilidade da emulsão das farinhas, sendo a farinha do Peru mais estável que a do Norte. Ambas as farinhas apresentaram maior estabilidade de emulsão em pH 5, não se diferenciando do pH 7, sendo a solubilidade das farinhas dependente do pH, como ocorre também com as proteínas.

Khoozani, Bekhit e Birch (2019) avaliaram a estabilidade da emulsão de farinhas de banana verde secas em estufa (a 50, 80 e 110 °C) e liofilizadas. A farinha liofilizada foi a que apresentou maior estabilidade da emulsão. Esses autores afirmam que a farinha liofilizada parece atuar como emulsificante, uma vez que apresentou maior estabilidade entre as farinhas de banana verde.

Destaca-se que há uma escassez de estudos relacionados à estabilidade de emulsão referente à farinha de semente de abóbora, o que dificulta a compreensão e comparação de tais resultados. Diante dos autores supracitados acima, pode-se inferir a estabilidade de emulsão depende de uma série de variáveis, como o pH, temperatura e o tratamento térmico empregado e a composição de farinhas.

4 CONCLUSÕES

As diferentes formas de processamento da FSA não alteraram a composição de minerais, de carboidrato e lipídios. Os valores de proteínas foram diferentes entre as amostras devido a diferença do tempo de exposição ao calor, que favoreceu a

desnaturação das proteínas da FSA obtida pela secagem em estufa. Este fato interferiu no valor calórico total, que diferiu entre as amostras. A FSA apresentou uma boa composição de fibra alimentar podendo contribuir para alcançar os valores diários de consumo de fibra alimentar.

A solubilidade de nitrogênio foi menor no pH 3 e maior no pH 9. Houve diferença estatística somente nos valores de pH 7, 8 e 9 e a FSA obtida através do micro-ondas apresentou maior solubilidade nesses pHs. A absorção de água diferiu entre as FSAs, sendo maior na amostra processada em micro-ondas. A oxidação proteica e lipídica diferiu entre as amostras e a FSA obtida pela secagem em estufa apresentou maiores níveis de oxidação. O volume de espuma diferiu entre as amostras em cinco dos seis tempos analisados e a estabilidade de emulsão, em todos os tempos observados. Diante de todos os resultados obtidos nas análises realizadas para avaliação das propriedades funcionais da FSA, percebe-se que quanto maior temperatura e o tempo de exposição ao calor, maior influência nas propriedades funcionais.

No entanto, deve-se enfatizar que avaliações do perfil antinutricional e toxicológico da FSA devem ser realizadas a fim de assegurar o consumo seguro. Além disso, há necessidade de novos estudos para avaliação das propriedades funcionais da farinha de semente de abóbora submetidas a diversos processamentos para observar os efeitos de tais tratamentos na composição, propriedades tecnológicas, textura, dentre outras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFVJM e à UFLA, pelo apoio e suporte na realização das análises, à FAPEMIG e à CAPES pelo apoio financeiro e bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALOBO, A. P. Proximate composition and selected functional properties of defatted papaya (*Carica papaya* L.) kernel flour. *Plants Foods for Human Nutrition*, v. 58, n. 3, p. 1-7, 2003.

BARBOSA, J. R. *et al.* Avaliação da composição e dos parâmetros tecnológicos de farinhas produzidas a partir de subprodutos agroindustriais. *Revista Tecnológica, Edição Especial V Simpósio de Engenharia, Ciência e Tecnologia de Alimentos*, p. 21-28, 2011. Disponível em: < D:/Downloads/Avaliacao_da_composicao_e_dos_parametros_tecnologi%20(1).pdf >. Acesso em 14 de janeiro de 2021.

BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 25, n. 2, p. 258-261, 1977.

BERNAUD FSR, RODRIGUES TC, Fibra alimentar: ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. *Arq. Bras. Endocrinol. Metab*, v.57, n.6, p. 397-405, 2013.

BODERIAS A. J., MONTERO P. Fundamentos de la funcionalidade de las proteínas em alimentos. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos, Valencia*, v. 28, n. 2, p. 159-169, 1988.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA. 2005. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. *Diário Oficial da União*; 2005. 6p.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, v.56, n.11, p.317-333, 1998

CARVALHO A. V. Extração, concentração e caracterização físico-química e funcional das proteínas se sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2004.

CAVALCANTI MT, BORA OS, FLORÊNCIO IM, FLORENTINO ER, SILVA FLH, Avaliação da estabilidade térmica das proteínas das amêndoas da faveleira (*Cnidoscylus phyllacanthus* (Mart) Pax. Et K. Hoffm). *Rev. Bras. Prod. Agroind*, v. 12, n.1, p. 37-43, 2010.

CHANDI, G. K.; SOGI, D. S. Functional properties of rice bran protein concentrates. *Journal of Food Engineering*, v. 79, n. 2, p. 592-597, 2007.

CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O. Influência da fermentação na qualidade da farinha de mandioca do grupo d'água. *Revista Acta Amazônica*, v.41, n.2, p.279-284, 2011.

DIAS LG. Estudo do processo de secagem em estufa e micro-ondas de compósitos cerâmicos de argila e resíduos de esteatito. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia). Departamento de Ciências Térmicas e dos Fluidos. Universidade Federal de São João Del Rei, 2013.

FERREIRA, C.M.; LIMA, S.B.; ZAMBELLI, R.A.; AFONSO, M. R. A.; Efeito da farinha mista de subprodutos vegetais em pães tipo forma. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 2, p. 8710-8724, 2020.

FISCHER, S.Z.; BARBIERI, R.L.; PEIL, R.M.N.; STUMPF, E.R.T; NEITZKE, R.S; VASCONCELOS, C.S.; TREPTOW, R.O. Cultivo e uso de variedades crioulas de abóboras ornamentais no Rio Grande do Sul. *Horticultura Brasileira* v. 34, n. 3, p. 398-404, 2016.

HALLING, P. J. Protein-stabilized foams and emulsions. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutritional*, Boca Raton: CRC Pres, v.157, n.2, p.155-203, 1981.

KHOOZANI, A. A.; BEKHIT, A. E. A.; BIRCH, J. Effects of different drying conditions on the starch content, thermal properties and some of the physicochemical parameters of whole green banana flour. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 130, p. 938-946, 2019.

LEVINE, R. L. *et al.* Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Meth. Enzymol.*, v. 186, p. 464-477, 1990.

LIMA JÚNIOR, D. M.; RANGEL, A. H. N.; URBANO, S. A.; MORENO, G. M. B. Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.7, n.1 p.14-28, 2013.

MENEZES MFSC, SIMEONI CP, POLETRO G, BARIN JS, CICHOSKI AJ, MENEZES CR, Radiação micro-ondas: aplicações em alimentos e impactos microbiológicos na carne. *Rev. Eletr. Gest. Educ. Tecnol. Amb*, v. 18, n.1, p. 90-100, 2014.

MORR, C. V., GERMAN, B., KINSELLA, J. E., REGENSTEIN, J. M., VAN BUREN, J. P., KILARA, A., LEWIS B. A., MANGINO, M. E. (1985). A Collaborative Study to Develop a Standardized Food Protein Solubility Procedure. *Journal of Food Science*, 50(6), 1715–1718.

NAVES LP, CORRÊA AD, ABREU CMP, SANTOS CD, Nutrientes e propriedades funcionais em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. *Rev. Ciênc.Tecnol. Alim*, v. 30, n. 1, p. 185-190, 2010.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *Journal of Food Science*, v. 53, n. 2, p. 450-454, 1988.

ORDÓÑEZ, J. A. Componentes dos alimentos e processos: tecnologia de alimentos. Porto Alegre: Editora Artmed, 2005. 294p.

PATEL, S.; RAUF, A. Edible seeds from Cucurbitaceae family as potential functional foods: Immense promises, few concerns. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, v. 91, p.330-337, 2017.

PEREDA, J. A. O.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUELLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. L. H.; CORTECERO, M. D. S. C. Tecnologia

de Alimentos – Componentes dos Alimentos e Processos. 1. Ed. Tradução de Fátima Murad. São Paulo: Editora ARTMED, 2005.

PORTE, A. *et al.* Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*Carica papaya*) e de abóbora (*Cucurbita* sp). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.13, n.1, p.91-96, 2011. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/11492224-Propriedades-funcionais-tecnologicas-das-farinhas-de-sementes-de-mamao-carica-papaya-e-de-abobora-cucurbita-sp.html> >. Acesso em 09 de janeiro de 2021.

PUMAR M, FREITAS MCJ, CERQUEIRA PM, SANTAGELO SB, Avaliação do efeito fisiológico da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita máxima* L.) no trato intestinal de ratos, *Rev. Ciênc.Tecnol. Alim*, v. 28, p. 7-13, 2008.

RAHARJO, S.; SOFOS, N. J.; SCHIMIDT, R. G. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *J. Agric. Food Chem.*, v. 40, p. 2182-2185, 1992.

REZIG L, CHOUAIBI M, MSAADA K, HAMDI S, Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. *Indust. Crops. Prod*, v. 37, n. 1, p. 82-87, 2012.

SHI, D. *et al.* The functional attributes of Peruvian (Kankolla and Blanca juli blend) and Northern quinoa (NQ94PT) flours and protein isolates, and their protein quality. *Food Research International*, v. 128, 2020.

SILVA LMM, SOUSA FC, FEITOSA MKSB, CRUZ CSA, SOUSA EP, Qualidade físico-química de farinha da semente de abóbora desidratada em estufa a 40°C. *Rev. Verd*, v.6, n.5, p. 154 – 159, 2011.

SILVA JM, ANDRADE FF, OLIVEIRA FILHA AM, Aproveitamento das sementes de abóbora: uso funcional em preparações culinárias. *Acta Technol*, v. 10, n. 1, p. 53-57, 2015a.

SILVA, J. B.; SCHLABITZ, C.; GRÄFF, C.; SOUZA, C. F. V. Biscoitos enriquecidos com farinha de semente de abóbora como fonte de fibra alimentar. *Revista Destaques Acadêmicos*, v.7, n.4, p.174-184, 2015b.

WANG, S. H.; CABALLERO-CORBOBA, G. M.; SGARBIERI, V. C. Propriedades funcionais de misturas de farinhas de trigo e soja desengordurada, pré tratada por micro-ondas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 12, n. 1, p. 14-25, 1992.