

# AVALIAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE EXTRAÇÃO DE ISOTIOCIANATO DE BENZILA DAS SEMENTES DE MAMÃO (*CARICA PAPAYA LINN*) DO GRUPO FORMOSA

G. FELTES<sup>1</sup>, C. STEFFENS<sup>2</sup>, N. PAROUL<sup>3</sup>, A. JUNGES<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Departamento de Engenharia de Alimentos

**RESUMO** – O isotiocianato de benzila é um composto bioativo presente na semente de mamão. O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura de secagem e investigar diferentes técnicas de extração de isotiocianato de benzila, avaliar o efeito das temperaturas de secagem (45 e 55 °C) sobre o composto e realizar modelagem matemática das sementes de mamão (*Carica papaya Linn*) do grupo Formosa. Foram avaliados quatro modelos matemáticos de cinética de secagem, Lewis, Henderson e Pabis, Page e Overhults, usando o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e função objetiva ( $F_o$ ), onde o melhor ajuste aos dados experimentais foi observado para o modelo de Overhults. Os extratos obtidos a partir da hidrodestilação, solvente hexano e  $CO_2$  subcrítico foram avaliados quanto ao rendimento e quantificação de isotiocianato de benzila. O maior rendimento (34 %) foi obtido pela extração com solvente hexano nas sementes desidratadas a 45 °C. A maior concentração de isotiocianato de benzila (0,0781 g/100 g) foi encontrada nos extratos obtidos com  $CO_2$  subcrítico. A extração com  $CO_2$  subcrítico mostrou-se eficiente na obtenção de extrato com maior concentração de isotiocianato de benzila a partir de sementes desidratadas a 45 °C.

Palavras-chave: Cinética de secagem, Extração, Rendimento, Quantificação.

**ABSTRACT** – *Benzyl isothiocyanate is a bioactive compound present in papaya seed. The present study aimed to evaluate the effect of drying temperature and investigate different benzyl isothiocyanate extraction techniques, evaluate the effect of drying temperatures (45 and 55 °C) on the compost and perform mathematical modeling of papaya seeds (Carica papaya Linn) from the Formosa group. Four mathematical models of drying kinetics, Lewis, Henderson and Pabis, Page and Overhults, were evaluated using the coefficient of determination ( $R^2$ ) and objective function ( $F_o$ ), where the best fit to the experimental data was observed for the Overhults model. The extracts obtained from hydrodistillation, hexane solvent and subcritical  $CO_2$  were evaluated for yield and quantification of benzyl isothiocyanate. The highest yield (34%) was obtained by extraction with hexane solvent in seeds dehydrated at 45 °C. The highest concentration of benzyl isothiocyanate (0.0781 g/100 g) was found in the extracts obtained with subcritical  $CO_2$ . The extraction with subcritical  $CO_2$  proved to be efficient in obtaining an extract with a higher concentration of benzyl isothiocyanate from seeds dehydrated at 45 °C.*

*Keywords: Drying Kinetics, Extraction, Yield, Quantification.*

## 1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro é uma das frutíferas mais comuns em quase todos os países da América tropical, popularmente conhecido como mamão, *Carica papaya Linn*, é cultivado em regiões tropicais, com destaques para a Ásia e Américas responsáveis por 57 % e 32 % da produção mundial, respectivamente (FAO, 2018). O Brasil é o segundo maior produtor mundial onde a cultura do mamão está presente em todas as regiões, sendo mais evidenciadas no Nordeste e Sudeste (IBGE, 2018).

Durante do processamento do mamão os resíduos sólidos gerados consistem em cascas sementes e extremidades, que juntas correspondem 46 % do fruto (m/m), destes, as sementes são responsáveis em média por 14 % da biomassa total, constituindo o material de descarte, com grande potencial econômico e biotecnológico como fonte para extração de produtos bioativos de alto valor agregado (JORGE e MALACRIDA, 2008; LIMA *et al.*, 2018).

As sementes de mamão contêm em sua composição importantes metabólitos secundários como flavonoides, carotenoides, alcaloides, taninos, tocoferóis, fitoesteróis, saponinas, esteroides e terpenoides, além de uma quantidade considerável de glicosinolatos, precursores do isotiocianato de benzila (ALOTAIBI *et al.*, 2017).

O isotiocianato de benzila está presente tanto nas sementes como na polpa do fruto, mas a sua concentração varia durante o amadurecimento com a tendência de aumentar seu teor nas sementes de frutos maduros (NAKAMURA, MURATA e NAKAMURA, 2019). Este princípio ativo vem se destacando devido as suas propriedades biológicas, como atividade antimicrobiana (YANG *et al.*, 2020; PATEL *et al.*, 2020), antifúngica (HE *et al.*, 2017; SALADINO *et al.*, 2017), anti-helmíntica (KERMANSHAI *et al.*, 2001) com destaque para a atividade anticancerígena (KUANG e CHEN, 2004; ZHOU *et al.*, 2013; UPPAL *et al.*, 2020).

O teor de isotiocianato de benzila nos extratos das sementes de mamão depende do método e das condições experimentais, que podem variar desde as mais simples como a maceração, extração contínua ou hidrodestilação (NAKAMURA, MURATA e NAKAMURA 2019; RODRIGUES *et al.*, 2019; HE *et al.* 2017) até a extração com líquidos pressurizados, pulso elétrico, micro-ondas ou ultrassom (HALL, 2018; BARROSO *et al.*, 2016) fluídos subcríticos e supercríticos. A extração com dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) subcrítico é semelhante à extração supercrítica, a diferença está em suas condições que são abaixo da temperatura e pressão críticas do CO<sub>2</sub> (T= 31,1 °C e P= 73,76 bar).

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura da secagem e dos métodos de extração no teor de isotiocianato de benzila presente nas sementes do mamão.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Obtenção das sementes

Os frutos maduros de mamão (*Carica papaya Linn*) do grupo Formosa foram obtidos ao longo do ano de 2020 no comércio local de Erechim – RS, Brasil. As sementes foram lavadas com água e a exotesta foi rompida com o auxílio de um pistilo em uma peneira. Em seguida foi realizada uma nova

lavagem em água corrente e as sementes foram dispostas em uma bandeja a temperatura ambiente (25 °C) para retirada do excesso de água.

## 2.2. Cinética de secagem

O teor de água inicial das sementes de mamão foi avaliado pelo método padrão em estufa com circulação e renovação de ar (MARCONI MA 037, Brasil) a 105 °C, por um período de 24 h, utilizando 4 g de sementes de mamão. As sementes foram distribuídas em camadas uniformes em recipientes metálicos (4 cm x 3,5 cm). O experimento foi realizado em quadruplicata. As pesagens foram realizadas em balança analítica (Marte, Brasil) com precisão de 0,001 g.

Os estudos da cinética de secagem foram realizados nas temperaturas de 45 e 55 °C, pois segundo Chielle *et al.* (2016) apresentam menor degradação dos componentes termossensíveis.

As sementes de mamão foram distribuídas em placas de Petri, e as massas foram medidas em intervalos de tempo a cada 10 min durante primeiras 2 h, a cada 20 min nas próximas 2 h e depois a cada 30 min até atingir peso constante.

Os dados experimentais foram ajustados para os modelos matemáticos apresentados na Tabela 1, de acordo com as Equações 1, 2, 3 e 4.

Tabela 1- Modelos matemáticos utilizados.

	<b>Equação</b>	<b>Modelo</b>	<b>Referências</b>
1	$MR = \exp(-k \cdot t)$	Lewis	Bruce (1985)
2	$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	Henderson e Pabis	Henderson e Pabis (1961)
3	$MR = \exp(-k \cdot t^n)$	Page	Page (1949)
4	$MR = \exp[-(k \cdot t)^n]$	Overhults	Overhults (1973)

Fonte: o autor

Onde: MR é a taxa de umidade (adimensional), k ( $\text{min}^{-1}$ ) é a constante de secagem, t é o tempo e a, n são parâmetros do modelo.

Os dados da perda de massa registradas em diferentes intervalos de tempo foram convertidos para dados de perda de umidade. A partir desses dados a taxa de umidade (MR) adimensional foi calculada conforme Equação (5).

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_i - M_e} \quad (5)$$

Onde:  $M_t$  é o teor de umidade no tempo t,  $M_e$  é a umidade de equilíbrio e  $M_i$  é a umidade inicial da amostra.

Os parâmetros cinéticos foram determinados pelo ajuste dos modelos com os dados experimentais das curvas de secagem por meio de regressão não linear pelo método Quasi Newton, por meio do software Statística versão 7.0 (Statsoft, EUA). O ajuste dos modelos foi avaliado pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e função objetiva (Fo).

### 2.3. Extração

As sementes desidratadas a 45 °C e 55 °C foram moídas em moinho de facas (MARCONI MA 340) utilizando peneira de 10 mesh (1,70 mm) e usadas nas extrações. O tempo de extração utilizado foi de 2 h para todos os ensaios.

Extração contínua com solvente: A extração com solvente hexano (Química Moderna, Brasil) foi realizada em aparelho tipo Soxhlet (Nova técnica, Brasil) usando 20 g de sementes. Os extratos foram concentrados em evaporador rotativo (Marconi MA/20, Brasil) a 45 °C até atingir peso constante.

Hidrodestilação: A extração por hidrodestilação foi realizada em aparelho tipo Clevenger usando 175 g de sementes e 2,5 L de água.

Extração com CO<sub>2</sub> subcrítico: A extração ocorreu por meio de uma célula extratora de aço inoxidável, suas extremidades foram preenchidas com algodão para facilitar o deslocamento do solvente CO<sub>2</sub> (White Martins com 99,8 % de pureza) e alimentado por uma bomba de pressurização tipo seringa (Isco Model 500D). A célula extratora foi alimentada com 20 g de sementes secas e moídas, o processo de extração teve início a partir do momento em que a pressão no manômetro e a pressão da bomba se igualaram a 10 Mpa, e a temperatura do banho ultratermostático (Spencer, Brasil) atingiu 7 °C, sendo estas condições escolhidas por evitar a degradação do isotiocianato de benzila de acordo com Chielle *et al.* (2016). Os experimentos de extração utilizando CO<sub>2</sub> subcrítico foram realizados com fluxo de 1,45 ml/min.

### 2.4. Rendimento das extrações

O rendimento das extrações foi calculado usando a Equação 6.

$$\text{Rendimento da extração (\%)} = \frac{\text{Quantidade de extrato}}{\text{Quantidade inicial de amostra}} \times 100 \quad (6)$$

### 2.5. Quantificação de isotiocianato de benzila

A quantificação de isotiocianato de benzila foi feita por cromatografia gasosa em equipamento Shimadzu GC-2010 equipado com processador de dados, utilizando coluna capilar DB5 (30 m x 0,025 mm x 0,25 µm de espessura de filme), detector FID, com a seguinte programação de temperatura: 80 °C/ 5 min, 80-220 °C (10 °C/min), 220 °C (10 min), temperatura do injetor 80 °C, detector a 220 °C, modo de injeção split, razão de split 50:1, gás de arraste H<sub>2</sub> (56 KPa), volume injetado 1 µL de amostra diluída em diclorometano (1:9). Para a quantificação do isotiocianato de benzila presente nos extratos foi utilizada uma solução do padrão de isotiocianato de benzila (Sigma-Aldrich, 98%) com concentração conhecida (0,1 g/mL). A concentração de isotiocianato de benzila foi obtida a partir da Equação 7.

$$C_{\text{isotiocianato de benzila}} = \frac{m_{\text{isotiocianato de benzila}} \times 100}{m_{\text{inicial}}} \quad (7)$$

Onde:  $m_{\text{isotiocianato de benzila}}$  é a massa de isotiocianato de benzila (g) obtida a partir do volume de extrato e  $m_{\text{inicial}}$  é a massa de semente de mamão desidratada (g) utilizada para extração.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Cinética de secagem

O tempo necessário para reduzir o teor de água das sementes de mamão de  $49,9 \pm 1,2$  % b.u. para 0,094 % b.u. foi de 600 min a temperatura 45 °C, sendo que a partir de 540 min observa-se a taxa de secagem mais estável. Com o aumento da temperatura para 55 °C verificou-se redução do tempo de secagem para 510 min, com taxa de secagem mais estável em 420 min. Os modelos, as constantes e os coeficientes utilizados para representar as curvas cinéticas da secagem das sementes de mamão e os resultados estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2- Parâmetros cinéticos para secagem das sementes de mamão e modelos utilizados.

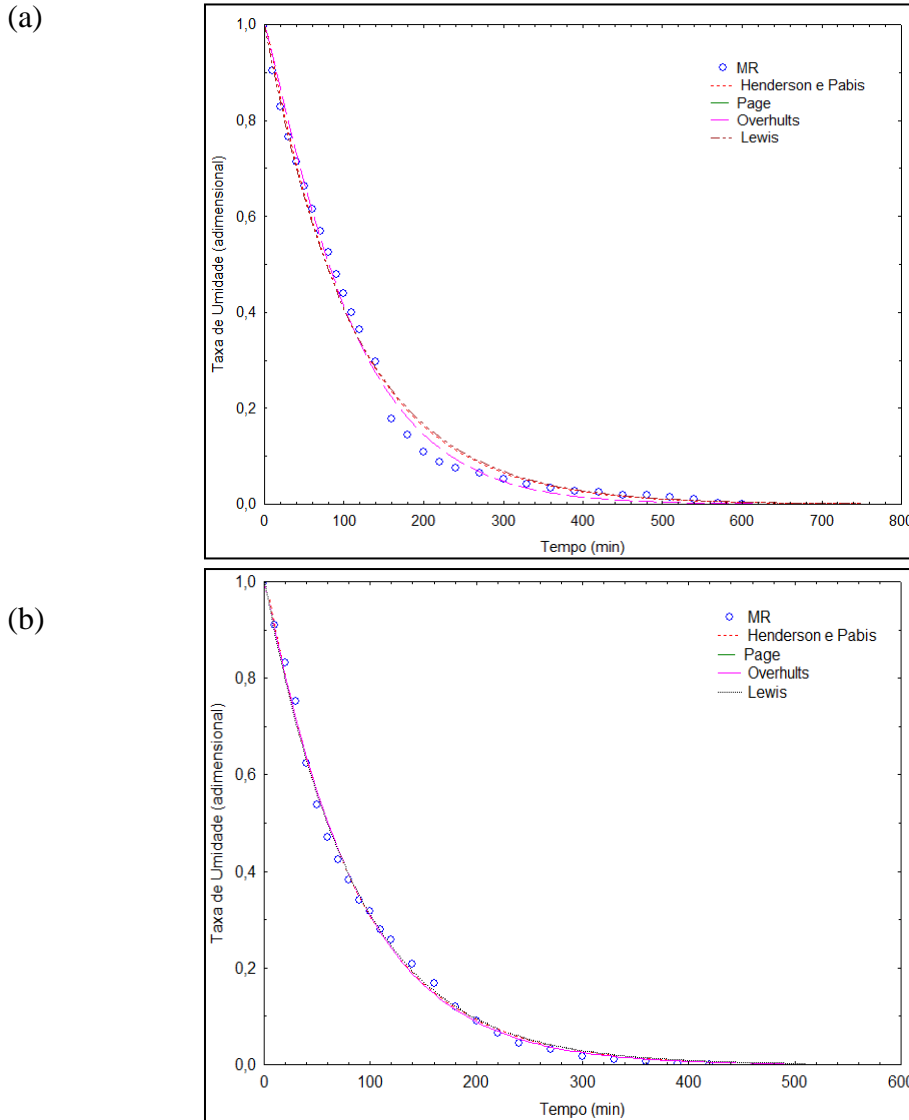
Modelos	T = 45 °C			T = 55 °C		
	K (min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	Fo	K (min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	Fo
Lewis	0,00896	0,9923	0,0233	0,01171	0,9968	0,0074
Henderson e Pabis	0,00918	0,9927	0,0237	0,01201	0,9973	0,0061
Page	0,00492	0,9953	0,0141	0,00963	0,9973	0,0063
Overhults	0,00896	0,9953	0,0141	0,01169	0,9973	0,0063

Fonte: o autor

Para todos os modelos observa-se que a constante de secagem (k) aumentou conforme o aumento da temperatura de secagem, o que é esperado, já que a perda da umidade ocorre a uma taxa maior em temperaturas mais elevadas.

A partir da análise da Tabela 2 e Figura 1 (a) e (b) observa-se que os quatro modelos matemáticos apresentaram um ajuste muito próximo aos dados experimentais. O modelo de Lewis que tende ser mais distante dos dados ajustados, devido ao fato deste possuir apenas um termo para ajuste. O modelo de Henderson e Pabis apresentou ajustes satisfatórios em relação ao modelo de Lewis, obtendo valores do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), acima de 0,99, além de valores menores de Fo. Os modelos de Overhults e Page foram os modelos que proporcionaram coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) maiores e iguais para ambas as temperaturas de 45 e 55 °C, variando de 0,9953 a 0,9973, respectivamente. Quando comparados com o valor da função objetiva (Fo) o modelo de Overhults apresenta os menores valores de resíduos, ajustando melhor aos dados experimentais. Logo, o modelo de Overhults atendeu tanto a análise de Fo quanto a análise de R<sup>2</sup>, sendo o mais adequado para representar a cinética de secagem das sementes de mamão.

Figura 1 - Ajuste aos modelos matemáticos da cinética de secagem da semente de mamão para temperatura de 45 °C (a) e 55 °C (b).



Fonte: o autor

Os resultados obtidos no presente estudo corroboram com os encontrados por Chielle *et al.* (2016) onde o modelo matemático mais adequado para representar as curvas de secagem de sementes de mamão pela taxa de secagem (MR) e curvas cinéticas de secagem foi de Overhults. Keneni, Hvoslef-Eide e Marchetti (2019) avaliaram a modelagem matemática da cinética de secagem de sementes de *Jatropha curcas L.* em cinco temperaturas, 40, 50, 60, 70 e 80 °C. A perda de umidade foi registrada e ajustada para quatro modelos semi-teóricos Lewis, Henderson e Pabis, Page e Avhad e Marchetti. Dos modelos testados, o Avhad e Marchetti apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais com  $R^2$  variando de 0,9914 a 0,9969 e 0,9908 a 0,9917 para as sementes inteiras e esmagadas de *Jatropha*, respectivamente, e para todas as temperaturas testadas.

O modelo matemático de Overhults apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais de taxa de secagem das sementes de mamão, esse fato pode estar relacionado ao número de parâmetros

utilizados (k, n) quando comparado ao modelo de Lewis, que leva em consideração apenas um parâmetro (k).

### 3.2. Rendimento

Os rendimentos das extrações avaliadas estão apresentados na Tabela 3. A temperatura de secagem não apresentou efeito nos rendimentos dos extratos obtidos com hexano e por hidrodestilação. O maior rendimento da extração foi obtido para extratos hexanoicos (34 % e 33 %). Esses valores são maiores do que encontrados por Hall *et al.* (2018), que obtiveram rendimento de  $24,3 \pm 0,7$  %, a partir de sementes desidratadas a 45 °C durante 24 h e tempo de extração de 6 h; já Lee, Lee e Su (2011) obtiveram  $28,5 \pm 6,0$  % de rendimento utilizando sementes de mamão desidratadas à 40 °C durante 48 h e tempo de extração de uma semana, utilizando hexano como solvente.

Tabela 3- Rendimentos dos extratos das sementes de mamão desidratadas a 45 e 55 °C obtidos por fluido CO<sub>2</sub> subcrítico, hidrodestilação e extração com hexano.

Método de extrações	Rendimento (%)	
	45 °C	55 °C
Fluído CO <sub>2</sub> subcrítico	1,4	0,7
Hidrodestilação	1,3	1,3
Hexano	34,2	33,2

Fonte: o autor

O maior rendimento de extração com hexano pode ser explicado pelo fato do hexano ser um solvente apolar, capaz de extrair além de isotiocianato de benzila todos os outros metabólitos secundários de baixa polaridade presentes nas sementes, tais como ácidos graxos, terpenoides de alto peso molecular, ceras entre outros (JORGE e MALACRIDA, 2008; MASSON *et al.*; 2008; MALACRIDA, KIMURA e JORGE, 2011).

O rendimento encontrado para hidrodestilação (1,3 %) foi maior ao reportado por He *et al.* (2017) que obtiveram 0,2 % de rendimento usando sementes de mamão desidratadas à 60 °C. Provavelmente as temperaturas de secagem mais elevadas provocam a perda dos voláteis ou degradação térmica dos mesmos, desse modo, como relatado por Uppal *et al.* (2017) o isotiocianato de benzila é muito volátil e possui baixa solubilidade em água.

Os extratos obtidos a partir das sementes desidratadas a 45 °C usando CO<sub>2</sub> subcrítico apresentaram o dobro de rendimento em relação aos extratos das sementes desidratadas a 55 °C. A literatura traz relatos de uso de CO<sub>2</sub> para preparação dos extratos das sementes de mamão, mas usando as condições de extração supercríticas. Rodrigues *et al.* (2019) realizaram extração de sementes de mamão desidratadas à 45 °C utilizando água subcrítica (T= 150 °C e P= 10 MPa) e obtiveram maior rendimento,  $26,3 \pm 0,6$  %. Hall *et al.* (2018) encontraram rendimento de 21,6 % usando CO<sub>2</sub> supercrítico para extratos de sementes de mamão a temperatura 40 °C de e pressão de 30 MPa. O uso da baixa temperatura (7 °C) e pressão (10 MPa) no nosso estudo pode ter contribuído para uma maior seletividade do solvente e menor rendimento.

### 3.3. Quantificação

A temperatura de secagem da semente de mamão influenciou na concentração obtida de isotiocianato de benzila nas diferentes extrações (Tabela 4). A maior concentração foi obtida pela extração subcrítica 0,0781 e 0,0322 g de isotiocianato de benzila/100 g de sementes desidratadas em 45 °C e 55 °C, respectivamente. A menor concentração encontrada (0,0026 g de isotiocianato de benzila/100 g de sementes desidratadas) foi na extração por hidrodestilação com secagem de semente de mamão a 55 °C.

Essa maior concentração encontrada na extração com fluido subcrítico pode ser devido à baixa temperatura empregada na extração (7 °C), pois de acordo com Tang *et al.* (2020), entre os compostos fitoquímicos, o isotiocianato de benzila apresenta caráter lipofílico e é instável em altas temperaturas, assim a extração leva a preservação do conteúdo fenólico apresentando uma maior quantidade de compostos bioativos, como o isotiocianato de benzila.

Tabela 4 - Concentração do isotiocianato de benzila nos diferentes extratos das sementes de mamão desidratadas a 45 e 55 °C.

Método de extrações	Concentração de isotiocianato de benzila (g/100 g de sementes)	
	45 °C	55 °C
Fluído CO <sub>2</sub> subcrítico	0,0781	0,0322
Hidrodestilação	0,0316	0,0026
Hexano	0,0322	0,0063

Fonte: o autor

Observa-se que a temperatura de secagem, assim como a temperatura de extração, influenciou no teor de isotiocianato de benzila nos extratos, sendo que a maior concentração foi encontrada nos extratos obtidos por extração subcrítica (temperatura de extração 7 °C) a partir de sementes desidratadas à 45 °C e a menor concentração encontrada nos extratos obtidos por hidrodestilação (temperatura de extração 100 °C) a partir das sementes desidratadas à 55 °C. Esse fato pode ser explicado pela baixa estabilidade térmica e alta volatilidade do nosso composto de interesse.

Barroso *et al.* (2016) avaliaram a composição do óleo extraído das sementes de mamão com CO<sub>2</sub> supercrítico em diferentes condições de temperatura (40, 60 e 80 °C) e pressão (100, 150 e 200 bar), as concentrações de isotiocianato de benzila variaram de 1 % (T= 80 °C e P= 10 MPa) a 11 % (T= 40 °C e P= 15MPa). He *et al.* (2017) obtiveram 99,36 % de isotiocianato de benzila a partir do óleo essencial de semente de mamão obtido por hidrodestilação. Nakamura, Murata e Nakamura (2019) a partir da extração por destilação da polpa do mamão verde obtiveram 85,6 % de isotiocianato de benzila.

Estudos realizados por Getahun, Sharma e Gupta (2020) com sementes de *Lepidium sativum* L. apresentaram diferentes concentrações de isotiocianato de benzila dependendo do método de extração, avaliaram pelo método de hidrodestilação, destilação simples e destilação simultânea e obtiveram 1,19, 3,64 e 8,71 % de isotiocianato de benzila, Rafinska *et al.* (2019) pelos métodos de maceração com água, fluído supercrítico e ultrassom (etanol 96%) obtiveram 2,04, 2,76 e 2,08 µg/g respectivamente.

A partir dos resultados alcançados, os extratos hexanoico e CO<sub>2</sub> subcrítico, obtidos, a partir de



sementes desidratadas a 45 °C foram selecionados para realizar as atividades biológicas por apresentar maior concentração de isotiocianato de benzila.

#### 4. CONCLUSÃO

A temperatura de secagem das sementes de mamão de 55 °C reduziu significativamente o tempo de secagem das sementes e apresentou maior valor para constante de secagem, e o modelo matemático que melhor ajustou os dados experimentais foi de Overhults para ambas as temperaturas de 45 e 55 °C.

O extrato obtido a partir de sementes desidratadas a 45 °C foi considerado o melhor em relação à extração, rendimento e quantificação do isotiocianato de benzila. Além disso, a extração subcrítica com CO<sub>2</sub> mostrou-se ser uma nova alternativa para extração e obtenção de extratos com maior teor de isotiocianato de benzila.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALOTAIBI, K. S.; LI, H.; RAFI, R.; SIDDIQUI, R. A. Papaya black seeds have beneficial anticancer effects on PC-3 prostate cancer cells. **Journal Cancer Metastasis Treat**, v. 3, p. 161-168, 2017.

BARROSO, P. T. W.; CARVALHO, P. P.; ROCHA, T. B.; PESSOA, F. L. P.; AZEVEDO, D. A.; MENDES, M. F. Evaluation of the composition of *Carica papaya* L. seed oil extracted with supercritical CO<sub>2</sub>. **Biotechnology Reports**, v. 11, p. 110–116, 2016.

BRUCE, D. M. Exposed-layer barley drying, three models fitted to new data up to 150\_C. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 32, p. 337-347, 1985.

CHIELLE, D. P.; BERTUOL, D. A.; MEILI, L.; TANABE, E. H.; DOTTO, G. L. Convective drying of papaya seeds (*Carica papaya* L.) and optimization of oil extraction. **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 221-228, 2016.

FAO. **FAOSTAT. Production**. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 24 de abril de 2020.

GETAHUN, T.; SHARMA, V.; GUPTA, N. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of oils obtained by different extraction methods from *Lepidium sativum* L. seeds. **Industrial Crops & Products**, v. 156, p. 1-9, 2020.

HALL, R. M. Simulating large scale SFE applied to recover bioactive compounds from papaya seeds. **The Journal of Supercritical Fluids**, n. 140, p. 302-309, 2018.

HE, X.; MA, Y.; YI, G.; WU, J.; ZHOU, L.; GUO, H. Chemical composition and antifungal activity of *Carica papaya* Linn seeds essential oil against *Candida* spp. **Letters in Applied Microbiology**, v. 64, n. 5, p. 350–354, 2017.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory. II temperature effects on drying

coefficients. **Journal of Agricultural**, v. 44, p. 1111-11-22, 1961.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Produção agrícola- Lavoura permanente**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/0>. Acesso em: 23 de abril de 2020.

JORGE, N.; MALACRIDA, C. R. Extratos de sementes de mamão (*Carica papaya* L.) como fonte de antioxidantes naturais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 3, p. 337-340, 2008.

KERMANSHAI, R.; McCARRY, B. E.; ROSENFELD, J.; SUMMERS, P. S.; WERETILNYK, E. A.; SORGER, G. J. Benzyl isothiocyanate is the chief or sole anthelmintic in papaya seed extracts. **Phytochemistry**, n. 57, p. 427-435, 2001.

KUANG, Y. F.; CHEN, Y. H. Induction of apoptosis in a non-small cell human lung cancer cell line by isothiocyanates is associated with P53 and P21. **Food and Chemical Toxicology**, n. 10, v. 42, p. 1711-1718, 2004.

LEE, W.J; LEE, M. H.; SU, N. W. Characteristics of papaya seed oils obtained by extrusion–expelling processes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, p. 2348-2354, 2011.

LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; SANTINI, A. T.; OLIVEIRA, D. C. Aproveitamento agroindustrial de resíduos de mamão ‘formosa’ minimamente processados. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 3, p. 59-73, 2018.

MALACRIDA, C. R.; KIMURA, M.; JORGE, N. Characterization of a high oleic oil extracted from papaya (*Carica papaya* L.) seeds. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, p. 929-934, 2011.

MASSON, L.; CAMILO, C.; GONZALEZ, K.; CACERES, A.; JORGE, N.; TORIJA, E. M. New sources of oilseeds from Latin American native fruits. **Natural Product Communications**, v. 3, n. 3, p. 357-362, 2008.

NAKAMURA, T.; MURATA, Y.; NAKAMURA, Y. Characterization of benzyl isothiocyanate extracted from mashed green papaya by distillation. **Food Chemistry**, v. 299, p. 1-5, 2019.

OVERHULTS, D. G.; WHITE, G. M.; HAMILTON, H. E.; ROSS, I. J. Drying soybeans with heated air. **Transactions of the ASAE**, p. 112-113, 1973.

PAGE, G. E. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled com in thin layers. **Department of Mechanical Engineering**, Purdue University, 1949.

PATEL, J.; YIN, H. B.; BAUCHAN, G.; MOWERY, J. Inhibition of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* virulence factors by benzyl isothiocyanate. **Food Microbiology**, v. 86, 103303, 2020.

RAFINSKA, K.; POMASTOWSKI, P.; RUDNICKA, J.; KRAKOWSKA, A.; MARUSKA, A.; NARKUTE, M.; BUSZEWSKI, B. Effect of solvent and extraction technique on composition and biological activity of *Lepidium sativum* extracts. **Food Chemistry**, v. 289, p. 16-25, 2019.

RODRIGUES, L., G., G.; MAZZUTTI, S.; VITALI, L.; MICKE, A. G.; FERREIRA, S., R., S. Recovery of bioactive phenolic compounds from papaya seeds agroindustrial residue using subcritical

water extraction. **Biocatalyses and Agricultural Biotechnology**, v. 22, p. 1-8, 2019.

SALADINO, F.; QUILES, J. M.; LUCIANO, F. B.; MAÑES, J.; FERNÁNDEZ-FRANZÓN, M.; MECA, G. Shelf life improvement of the loaf bread using allyl, phenyl and benzyl isothiocyanates against *Aspergillus parasiticus*. **LWT**, v. 78, p. 208-114, 2017.

TANG, Y.; WANG, X.; YU, J.; SONG, L.; LIN, S. Fish skin gelatin-based emulsion as a delivery system to protect lipophilic bioactive compounds during *in vitro* and *in vivo* digestion: The case of benzyl isothiocyanate. **LWT**, v. 134, 110145, 2020.

UPPAL, S.; KAUR, K.; KUMAR, R.; KAHLON, N. K.; SINGH, R.; MEHTA, S. K. Encompassment of benzyl isothiocyanate in cyclodextrin using ultrasonication methodology to enhance its stability for biological applications. **Ultrasonics- Sonochemistry**. v. 39, p. 25-33, 2017.

UPPAL, S.; SHARMA, P.; KUMAR, R.; KAUR, K.; BHATIA, A.; MEHTA, S. K. Effect of benzyl isothiocyanate encapsulated biocompatible nanoemulsion prepared via ultrasonication on microbial strains and breast cancer cell line MDA MB 231. **Colloids and Surfaces A**. v. 596:124732, 2020.

ZHOU, T.; LI, G.; CAO, B.; LIU, L.; CHENG, Q.; KONG, H.; SHAN, C.; HUANG, X.; CHEN, J.; GAO, N. Downregulation of Mcl-1 through inhibition of translation contributes to benzyl isothiocyanate-induced cell cycle arrest and apoptosis in human leukemia cells. **Cell Death and Disease**, v. 4, p. 1-11, 2013.

YANG, C. X.; WU, H. T.; LI, X. X.; WU, H. Y.; NIU, T. X.; WANG, X. N.; LIAN, R.; ZHANG, G. L.; HOU, H. M. Comparison of the inhibitory potential of benzyl isothiocyanate and phenethyl isothiocyanate on Shiga toxin-producing and enterotoxigenic *Escherichia coli*. **LWT- Food Science and Technology**, v. 118, p. 1-6, 2020.