

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO SUL – IFRS
CAMPUS ERECHIM

BRUNA ZANOVELLO MOSENA

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCESSOS PARA OBTENÇÃO DE EXTRATOS DE
SEMENTE DE ABÓBORA

ERECHIM

2023

BRUNA ZANOVELLO MOSENA

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCESSOS OBTENÇÃO DE EXTRATOS DE
SEMENTE DE ABÓBORA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior em Engenharia de Alimentos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Erechim, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Wagner Luiz Priamo

Erechim

2023

BRUNA ZANOVELLO MOSENA

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PROCESSOS PARA OBTENÇÃO DE EXTRATOS DE
SEMENTE DE ABÓBORA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior em Engenharia de Alimentos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Erechim, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Erechim, 30 de junho de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Wagner Luiz Priamo
IFRS – Campus Erechim
Orientador

Prof^a. Dra. Marília Assunta Sfredo
IFRS – Campus Erechim
Examinadora

Prof. Me. Guilherme Barcellos de Moura
IFRS – Campus Erechim
Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, aos meus pais Dulcimar e Lucila e a minha irmã Wanessa, que sempre me incentivaram e me deram suporte para conseguir chegar até aqui.

Agradeço ao meu namorado André que, durante todos esses anos, sempre esteve ao meu lado dando apoio e suporte emocional para suportar esta jornada e que me deu esperanças nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao Prof. Wagner pela orientação para a construção deste trabalho e às professoras Priscila e Greice por toda a ajuda nas disciplinas de TCC I e TCC II.

Agradeço imensamente aos meus professores que fizeram parte desta jornada, pelo conhecimento que nos foi transferido, por nos mostrar o caminho do sucesso e compartilhar conosco momentos de alegria e ouvir nossas preocupações e medos, nos apoiando e mostrando nossa capacidade.

Agradeço imensamente à nossa técnica de laboratório, Monalise e ao colega de curso, Bruno, que dispuseram de seu tempo para me ajudar com este trabalho durante vários dias, sem medir esforços.

Agradeço a todos aqueles com quem convivi durante todo o período que passei na instituição, às amigas que aqui fiz. Com certeza levarei todos em meu coração.

Enfim, agradeço a todos que fizeram parte desta caminhada, tornando-a uma das melhores experiências que tive, contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Variáveis de processo utilizadas na extração por líquido pressurizado de óleo de semente de abóbora. | 13 |
| Tabela 2: Rendimento das extrações de óleo de semente de abóbora utilizando etanol como solvente através do método Goldfish..... | 14 |
| Tabela 3: Rendimento das extrações de óleo de semente de abóbora utilizando etanol como solvente através do método com líquido pressurizado (PLE). | 15 |
| Tabela 4: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por extração Goldfish com tempo de extração de 1 hora. | 21 |
| Tabela 5: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por extração Goldfish com tempo de extração de 3 horas. | 22 |
| Tabela 6: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por extração Goldfish com tempo de extração de 6 horas. | 22 |
| Tabela 7: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 50 bar e 30°C. | 23 |
| Tabela 8: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 100 bar e 30°C. | 23 |
| Tabela 9: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 50 bar e 50°C. | 24 |
| Tabela 10: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 100 bar e 50°C. | 24 |
| Tabela 11: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 75 bar e 40°C. | 25 |
| Tabela 12: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 75 bar e 40°C. | 25 |

| | |
|---|----|
| Tabela 13: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 75 bar e 40°C..... | 26 |
| Tabela 14: Resultados cromatografia gasosa apresentando os compostos majoritários encontrados nas diversas condições experimentais. | 27 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Extrator Goldfish utilizado na extração do óleo de semente de abóbora. | 11 |
| Figura 2: Unidade experimental utilizada na extração PLE de óleo de semente de abóbora. | 12 |
| Figura 3: Alíquotas coletadas a cada 10 minutos de extração com líquido pressurizado. | 13 |
| Figura 4: Rendimento das extrações de óleo de semente de abóbora pelo método PLE. | 16 |
| Figura 5: Diagrama de Pareto com intervalo de confiança de 95% para as variáveis pressão e temperatura. | 16 |
| Figura 6: Superfície de resposta para as variáveis pressão e temperatura sobre o rendimento da extração PLE..... | 17 |
| Figura 7: Rendimento das extrações dos ensaios 1 e 3 mantendo-se constante a pressão em 50bar e variando a temperatura de 30°C e 50°C. | 18 |
| Figura 8: Rendimento das extrações dos ensaios 2 e 4, com pressões iguais e diferentes temperaturas..... | 18 |
| Figura 9: Rendimento das extrações dos ensaios 1 e 2, com temperaturas iguais e diferentes pressões de extração | 19 |
| Figura 10: Rendimento das extrações dos ensaios 3 e 4, com temperaturas iguais e diferentes pressões de extração. | 20 |
| Figura 11: Rendimento dos ensaios 5, 6 e 7, com mesma temperatura e mesma pressão de extração..... | 21 |
| Figura 12: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por extração Goldfish com tempo de extração de 1 hora. | 28 |
| Figura 13: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por extração Goldfish com tempo de extração de 3 horas..... | 28 |
| Figura 14: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por extração Goldfish com tempo de extração de 6 horas..... | 29 |

| | |
|---|----|
| Figura 15: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 50 bar e 30°C. | 29 |
| Figura 16: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 100 bar e 30°C. | 29 |
| Figura 17: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 50 bar e 50°C. | 30 |
| Figura 18: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 100 bar e 50°C. | 30 |
| Figura 19: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 75 bar e 40°C. | 30 |
| Figura 20: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 75 bar e 40°C. | 31 |
| Figura 21: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 75 bar e 40°C. | 31 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. OBJETIVOS..... | 2 |
| 2.1. Objetivo geral..... | 2 |
| 2.2. Objetivos específicos | 2 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO | 2 |
| 3.1. Abóbora (família Cucurbitaceae)..... | 2 |
| 3.1.1. Características fisiológicas da abóbora | 2 |
| 3.1.2. Dados de produção de abóbora | 3 |
| 3.1.3. Semente de abóbora | 4 |
| 3.2. Compostos fenólicos atividade antioxidante da semente de abóbora..... | 6 |
| 3.3. Métodos de obtenção de óleo de semente de abóbora | 7 |
| 3.3.1. Extração por <i>Goldfish</i> | 7 |
| 3.3.2. Extração por líquidos pressurizados (PLE)..... | 7 |
| 3.4. Cromatografia gasosa..... | 9 |
| 4. METODOLOGIA | 10 |
| 4.1. Obtenção e preparação das sementes de abóbora | 10 |
| 4.2. Extração do óleo das sementes de abóbora..... | 10 |
| 4.2.1. Extração <i>Goldfish</i> | 10 |
| 4.2.2. Extração por líquido pressurizado (PLE)..... | 11 |
| 4.3. Cromatografia gasosa..... | 13 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 14 |
| 5.1. Extração <i>Goldfish</i> | 14 |
| 5.2. Extração com líquido pressurizado..... | 15 |
| 5.3. Cromatografia gasosa..... | 21 |
| 6. CONCLUSÃO | 31 |
| 7. REFERÊNCIAS | 32 |

RESUMO

As abóboras são hortaliças pertencentes à família *Cucurbitaceae*, incluindo aproximadamente 27 espécies, sendo as mais cultivadas no Brasil as espécies: *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima* e *Cucurbita moschata*. As abóboras são extremamente importantes na alimentação humana, visto que as folhas, flores, sementes e polpa possuem diversos compostos antioxidantes com alta bioatividade, que beneficiam a saúde humana. O óleo obtido das sementes de abóbora desperta a atenção devido ao aumento de estudos sobre os benefícios à saúde que o seu consumo pode propiciar. Além do efeito antioxidante, o óleo extraído das sementes apresenta também efeitos antibacteriano e anti-inflamatório, tornando-o um produto de interesse industrial nas áreas farmacológicas e alimentícias. Devido a isso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes processos para extração de óleo de semente de abóbora e determinar a composição química dos extratos. Foram utilizados os métodos de *Goldfish* e extração por líquido pressurizado (PLE), empregando etanol como solvente, investigando o efeito das variáveis de processo: temperatura e pressão de operação. Também foram caracterizados os extratos obtidos nas diferentes metodologias em relação ao rendimento total de extração e perfil químico dos extratos. O rendimento das extrações pelo método *Goldfish* empregando-se um tempo de extração de 1 hora obteve um rendimento médio de 54,82%, com 3 horas de extração o rendimento foi de 52,57%, já a extração de 6 horas apresentou um rendimento de 52,69%. O rendimento de extração do óleo de semente de abóbora obtido através de líquido pressurizado variou de 15,32 % a 33,75 %, nas condições de 100 bar e 30°C e 50 bar e 50°C, respectivamente. No presente trabalho, a temperatura influenciou de forma positiva no rendimento das extrações, visto que quanto maiores as temperaturas empregadas maiores foram os rendimentos obtidos. Já a pressão de extração apresentou um efeito contrário, isto é, inversamente proporcional, pois quanto maior a pressão empregada menor foi o rendimento obtido. Através da análise de cromatografia gasosa observou-se que os compostos majoritários nas amostras de óleo foram os ácidos linoleico e octadecenóico e uma quantidade considerável de ácido ascórbico. Verificase que a extração *Goldfish* foi mais eficiente na extração de alguns compostos de interesse, como os ácidos linoleico, oleico e palmítico e a vitamina C, em comparação com o PLE. Portanto, através dos resultados obtidos pode-se dizer que a extração pelo método de *Goldfish* é mais eficiente em relação a extração por líquido pressurizado, tanto em termos de rendimento quanto em relação ao perfil químico dos óleos. Porém, o primeiro método requer maior tempo

e energia para a extração, além de um alto consumo de água para a condensação do solvente. Em contrapartida a extração PLE é mais rápida e requer menor gasto energético.

Palavras-chave: óleo de semente de abóbora, extração, rendimento, perfil químico.

ABSTRACT

Pumpkins are vegetables belonging to the Family Cucurbitaceae, including approximately 27 species being the most cultivated in Brazil the species: *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima* e *Cucurbita moschata*. Pumpkins are extremely important in human nutrition, since the leaves, flowers, seeds and pulp have several antioxidant compounds with high bioactivity, which benefit human health. The oil obtained from pumpkin seeds draws attention due to the increase in studies on the health benefits that its consumption can provide. In addition to the antioxidant effect, the oil extracted from the seeds also has antibacterial and anti-inflammatory effects, making it a product of industrial interest in the pharmacological and food areas. Due to this, the objective of the present work was to evaluate different processes for extracting pumpkin seed oil and to determine the chemical composition of the extracts. Goldfish and pressurized liquid extraction (PLE) methods were used, using ethanol as solvent, investigating the effect of process variables: operating temperature and pressure. The extracts obtained in the different methodologies were also characterized in relation to the total extraction yield and chemical profile of the extracts. The yield of extractions by the Goldfish method using an extraction time of 1 hour obtained an average yield of 54.82%, with 3 hours of extraction, the yield was 52.57%, while the 6-hour extraction showed a yield of 52.69%. The extraction yield of pumpkin seed oil obtained through pressurized liquid ranged from 15.32% to 33.75% under conditions of 100 bar and 30°C and 50 bar and 50°C, respectively. In the present work, the temperature positively influenced the yield of the extractions, since the higher the temperatures used, the higher the yields obtained. The extraction pressure, on the other hand, had the opposite effect, that is, inversely proportional, since the higher the pressure used, the lower the yield obtained. Through gas chromatography analysis it was observed that the major compounds in the oil samples were linoleic and octadecenoic acids and also a considerable amount of ascorbic acid. It appears that the Goldfish extraction was more efficient in extracting some compounds of interest such as linoleic, oleic and palmitic acids and vitamin C compared to PLE. Therefore, through the results obtained, it can be said that the extraction by the Goldfish method is more efficient in relation to the extraction by pressurized liquid, both in terms of yield and in relation to the chemical profile of the oils. However, the first method requires more time and energy for extraction, in addition to a high consumption of water for condensation of the solvent. On the other hand, PLE extraction is faster and requires less energy expenditure.

Keywords: pumpkin seed oil, extraction, yield, chemical profile.

1. INTRODUÇÃO

As abóboras são hortaliças pertencentes à família Cucurbitaceae, incluindo aproximadamente 27 espécies, sendo as mais cultivadas no Brasil as espécies: *Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima* e *Cucurbita moschata* (MORRISON *et al.*, 2015).

No cenário nacional, o plantio da abóbora é de relevante importância econômica, visto que esta hortaliça possui boa adaptação ao clima predominante no país, além de apresentar rusticidade, precocidade, uniformidade, alta produtividade e possibilita um elevado período de conservação, sendo uma fonte de renda para médios e pequenos produtores rurais de todo o país (SEDIYAMA; VIDIGAL; SANTOS; MASCARENHAS, 2009).

As abóboras são extremamente importantes na alimentação humana, visto que as folhas, flores, sementes e polpa possuem diversos compostos antioxidantes com alta bioatividade, que beneficiam a saúde humana, através da inibição de radicais livres e de espécies reativas do oxigênio, podendo reduzir a incidência de câncer, doenças cardiovasculares e neurodegenerativas (KULCZYŃSKI; GRAMZA-MICHAŁOWSKA; KRÓLCZYK, 2020).

As sementes de abóbora, por sua vez, apresentam coloração branca, formato oval, sendo achatada e afilada nas pontas. São frequentemente consumidas torradas ou salgadas e são ricas em proteínas, fibras, óleos e fitoesteroides (CERQUEIRA; FREITAS; PUMAR; SANTANGELO, 2008). As sementes vêm se tornando um objeto de estudo para diversos pesquisadores devido aos seus efeitos farmacológicos, possuindo propriedades antidiabéticas, antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatórias. Esta parte da abóbora, que muitas vezes é descartada, destaca-se também pelo seu elevado teor de proteínas e óleos (NKOSI; OPOKU; TERBLANCHE, 2006).

O óleo obtido das sementes de abóbora desperta a atenção devido ao aumento de estudos sobre os benefícios à saúde que o seu consumo pode propiciar, por exemplo, no auxílio ao combate da aterosclerose (MORRISON *et al.*, 2015), disfunção urinária (NISHIMURA *et al.*, 2014) e por apresentar atividades antioxidantes, hipoglicêmicas e hipolipidêmicas (ABD-ELNOOR, 2019; CUCO *et al.*, 2019).

Além do efeito antioxidante, o óleo extraído das sementes apresenta também efeitos antibacteriano e anti-inflamatório, tornando-o um produto de interesse industrial nas áreas farmacológicas e alimentícias (AMIN *et al.*, 2020). Diante do exposto, o produto apresenta potencial para a indústria farmacêutica e, principalmente, podendo ser empregado no enriquecimento de alimentos, proporcionando benefícios à saúde, ou ainda, empregado com função antioxidante em diversos produtos.

Em se tratando de métodos para a obtenção da fração oleosa de matrizes vegetais, é importante destacar que estes influenciam diretamente no rendimento e na composição do extrato, dependendo das condições experimentais. Ainda, no melhor de nosso conhecimento, através de uma busca realizada nas principais bases de dados disponíveis, não foi possível observar um estudo que contemple essa abordagem, justificando, portanto, a importância de um trabalho científico para comparar a eficiência entre diferentes métodos de extração de óleo das sementes e avaliar o impacto na sua qualidade, incluindo a utilização de líquido pressurizado.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar diferentes processos para obtenção de extratos de semente de abóbora bem como, determinar a composição química dos extratos.

2.2. Objetivos específicos

- Obter extratos de semente de abóbora (*Curcubita*) utilizando o método de *Goldfish* e etanol como solvente e investigar o efeito da variável tempo de extração;
- Obter extratos de semente de abóbora (*Curcubita*) utilizando etanol pressurizado e investigar o efeito das variáveis de processo: temperatura e pressão de operação;
- Caracterizar os extratos obtidos nas diferentes metodologias em relação ao rendimento total de extração e perfil químico dos extratos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Abóbora (família Cucurbitaceae)

3.1.1. Características fisiológicas da abóbora

As abóboras pertencentes ao gênero *Cucurbita*, são classificadas como oleráceas que fazem parte da família *Cucurbitaceae*. Este gênero possui 24 espécies, sendo cinco delas cultivadas, fazendo parte fundamental da dieta humana em vários aspectos, bastante utilizada devido à sua versatilidade e à presença significativa de fibras, além de possuir compostos como

carotenoides, minerais (ferro, cálcio, magnésio, potássio) e vitaminas do grupo A, B e C (FERREIRA, 2008).

A família *Cucurbitaceae* se caracteriza por apresentar plantas rasteiras, que utilizam gavinhas de sustentação, possibilitando a condução das hastes. Seus frutos são do tipo pepônio, são carnudos e podendo ter um ou vários septos polispermicos, com flores masculinas e femininas em regiões diferentes da mesma planta, sendo classificadas como plantas monoicas. O crescimento da parte vegetativa, a floração e a frutificação ocorrem ao mesmo tempo, suas folhas são grandes, com coloração verde-escuro e com pecíolos longos (AMARO *et al.*, 2021).

A *Cucurbita* cresce, geralmente, em regiões tropicais quentes, sua casca é dura e forte, protegendo-a de injúrias durante o transporte. Em temperatura ambiente, pode ser armazenada por cerca de 3 meses, o que contribui para sua cadeia produtiva, tornando-a uma matéria-prima adequada para o processamento industrial (MEN *et al.*, 2021).

As abóboras são cultivadas em todo o Brasil, principalmente em pequenas propriedades rurais. Na região Sul, destacam-se as variedades com pescoço, encontrando-se também frutos com outros formatos. Para o consumo humano, geralmente são feitos doces em calda ou pasta, além de pratos salgados como ensopados, purês e cozidos. As abóboras podem ser empregadas para a alimentação animal devido às suas características de alta produtividade e durabilidade dos frutos (HEIDEN; BARBIERI; NEITZKE, 2007). A polpa da abóbora também vem sendo utilizada como um pigmento natural na forma de pó nos ramos da panificação, confeitaria e laticínios (KULCZYŃSKI, 2019). Estes frutos vêm sendo estudados devido aos teores de substâncias bioativas que possuem e as possíveis formas de reaproveitar partes do fruto que, geralmente, são descartadas (HAN, 2019).

As folhas, flores, sementes e polpa de abóbora contêm componentes antioxidantes, compostos caracterizados por alta bio-atividade. Esses agentes antioxidantes afetam positivamente a saúde humana, inibindo os radicais livres e as espécies reativas de oxigênio, reduzindo assim o risco de câncer, doenças cardiovasculares e neurodegenerativas (KULCZYŃSKI; GRAMZA-MICHAŁOWSKA; KRÓLCZYK, 2020). Casca, polpa e sementes de abóbora são boas fontes de fenólicos totais, flavonoides totais, carotenoides totais e conteúdos minerais (HUSSAIN *et al.*, 2021).

3.1.2. Dados de produção de abóbora

O cultivo de espécies de abóbora em nível mundial, no ano de 2018, foi estimado em 27,67 milhões de toneladas, numa área de cerca de 2,04 milhões de hectares, sendo estes valores

expressivos devido à importância deste fruto para as regiões produtoras. O maior produtor mundial de abóbora, no ano de 2018, foi a China, com uma produção de 5.492.389 toneladas. No Brasil, de acordo com o último Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2020, a produção de abóboras foi de 385 mil toneladas por ano, cultivadas numa extensão de 88150 hectares, com destaque para a região Sudeste que teve uma produção de 204.824 toneladas, no ano de 2020 (AMARO *et al.*, 2021).

3.1.3. Semente de abóbora

As sementes de abóbora possuem coloração branca, formato oval, achatada e afilada nas extremidades e, geralmente, são consumidas torradas ou salgadas, sendo ricas em proteínas, fibras, óleo e fitosteroides (CERQUEIRA; FREITAS; PUMAR; SANTANGELO, 2008). O teor de óleo é elevado variando de 37 a 45%, bem como o teor de proteínas e vitaminas (25 a 37%) (MURKOVIC *et al.*, 2004). O consumo das sementes ocorre em diversos países e é composta por quantidades relevantes de lipídios, proteínas, fibras, tiamina, niacina e micronutrientes (RUBATZKY; YAMAGUCHI, 1999).

Segundo Devi *et al.* (2018) as sementes possuem sabor doce e textura amanteigada, e por isso são comumente apreciadas adicionando-as em pratos salgados e sobremesas. Os frutos de abóbora completamente maduros fornecem sementes de boa qualidade. Segundo Stevenson *et al.* (2007) as sementes de abóbora fornecem um lanche ou aditivo alimentar doce, nutritivo, macio e mastigável.

As sementes de abóbora, que geralmente são descartadas por serem consideradas resíduos durante o processamento, são uma fonte muito saudável de proteína e óleo. Além de óleo e proteína, essas sementes também são boas fontes de macro e microelementos, vitaminas, fibra alimentar e ácidos graxos monoinsaturados, que desempenham um bom papel para manter os seres humanos saudáveis. As sementes de abóbora são muito nutritivas e protetoras da saúde e estão chamando a atenção de pesquisadores e consumidores devido aos seus efeitos farmacológicos como antidiabéticos, antimicrobianos, antioxidantes e anti-inflamatórios (NKOSI; OPOKU; TERBLANCHE, 2006).

Os extratos do óleo de semente de abóboras possuem efeitos antioxidante, antibacteriano e anti-inflamatório, sendo uma fonte promissora para as indústrias de alimentos e farmacêuticas (AMIN *et al.*, 2020). Além disso, o óleo de semente de abóbora pode ser empregado na indústria nutracêutica e cosmética devido à presença de ácidos graxos monoinsaturados, poli-insaturados, fitosteróis e carotenoides (MONTESANO *et al.*, 2018).

De acordo com Lozada *et al.* (2021) o óleo de sementes de abóbora de três espécies produzidas no Brasil (*Cucurbita pepo*, *Cucurbita maxima* e *Cucurbita moschata*) têm boa qualidade e são fonte de tocoferóis, carotenoides e ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), especialmente ácido linoleico, e ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) como ácido oleico, compostos benéficos para a saúde. A espécie da abóbora afeta o teor de compostos bioativos presentes no óleo de sementes de abóbora, bem como sua estabilidade oxidativa e capacidade antioxidante. O estudo de Lozada *et al.* (2021) sobre a caracterização físico-química e nanoemulsificação de óleos de semente de abóbora, sugeriu o uso de óleo de sementes de abóbora de *C. maxima* para obter um produto com alto teor de tocoferóis totais e alta estabilidade oxidativa. Para a produção de óleos ricos em PUFA e carotenoides, principalmente luteína, recomenda-se o uso de sementes de *C. pepo*, enquanto um maior teor de β -caroteno pode ser alcançado com *C. moschata*.

Óleos extraídos de sementes de abóbora cruas reduziram significativamente os triglicerídeos séricos, colesterol total, colesterol LDL, ácido úrico, creatinina, transaminases séricas e uréia, enquanto os níveis de colesterol HDL séricos foram significativamente aumentados (NAMENI *et al.*, 2021). Experimentos realizados por Majid *et al.* (2020) revelaram que o óleo de semente de abóbora tem potencial de atividade hipolipidêmica e anti-hipertensiva, pois reduz o LDL e aumenta os níveis de HDL. Ainda, o óleo de semente de abóbora foi incorporado com sucesso como componente lipídico líquido no sistema carreador lipídico nanoestruturado para efeito antiúlcera em ratos (AHMED *et al.*, 2020).

O perfil de ácidos graxos do óleo de semente de abóbora depende de fatores como o genótipo, espécie, região de cultivo, clima e fase de maturação das sementes (NAWIRSKA-OLSZAŃSKA *et al.*, 2013; NEĐERAL *et al.*, 2012; POTOČNIK; OGRINC; POTOČNIK; KOŠIR, 2016; TÜRKMEN *et al.*, 2017). É rico em ácidos graxos insaturados e compostos bioativos, como tocoferóis, fitoesteróis, betacaroteno e esqualeno (CAN-CAUICH *et al.*, 2019). Os principais ácidos graxos encontrados neste óleo são o ácido linoleico e o ácido oleico e, ácido palmítico em menor quantidade (REZIG; CHOUAIBI; MSAADA; HAMDI, 2012).

De acordo com um estudo realizado por Corrêa *et al.* (2013) que determinaram o perfil de ácidos graxos do óleo de sementes de abóboras crioulas (*Cucurbita máxima*), o teor de ácidos graxos insaturados variou de 65,4 a 79%, sendo os ácidos linoleico e oleico os mais predominantes. Em relação aos ácidos graxos saturados, destacam-se os ácidos esteárico e palmítico. Silva e Souza (2020) analisaram o perfil de ácidos graxos de moranga cabotiá e também encontraram como ácidos graxos saturados predominantes os ácidos palmítico e

esteárico e em relação aos ácidos graxos insaturados predominaram os ácidos linoleico e oleico. Além dos ácidos graxos citados, também são encontrados em menores quantidades os ácidos linolênico e eicosanóico (ORDOÑEZ LOZADA, 2020), mirístico, palmitoleico, margárico, araquidônico, behênico e lignocérico (CARVALHO, 2013).

3.2. Compostos fenólicos atividade antioxidante da semente de abóbora

As sementes de abóbora são densamente providas com nutrientes e nutracêuticos úteis, como aminoácidos, fitoesteróis, ácidos graxos insaturados, compostos fenólicos, tocoferóis, cucurbitacinas e minerais valiosos. Todos esses compostos bioativos são importantes para uma vida saudável e bem-estar. (DOTTO; CHACHA, 2020).

O método de extração e a espécie afetam a composição dos compostos bioativos e a atividade antioxidante do óleo de abóbora, sendo esta uma informação útil para a definição de parâmetros e métodos de extração de óleo de abóbora com intuito de maximizar o teor de compostos, de interesse para a indústria (CAN-CAUICH *et al.*, 2019).

As sementes de abóbora são ricas em potássio (K), porém possui quantidades baixas em sódio (Na), são ricas em cálcio (Ca), manganês (Mn), fósforo (P) e magnésio (Mg). Também são uma boa fonte de oligoelementos, como zinco (Zn), ferro (Fe) e o cobre (Cu). Estes minerais possuem potencial antioxidante, portanto, servem como cofatores de biocatalisador dependente de antioxidante vital (DATTA; SINHA; BHATTACHARJEE; SEAL, 2019).

O óleo de semente de abóbora tem sido relatado como uma boa fonte de compostos fenólicos, atraindo a atenção dos pesquisadores devido aos seus promissores benefícios à saúde dos seres humanos. Os compostos fenólicos formam um amplo grupo de compostos sintetizados como produtos metabólicos secundários em plantas possuindo propriedades antioxidantes essenciais. Os compostos fenólicos dominantes nas sementes de abóbora são os ácidos tirosol, vanilina, p-hidroxibenzóico, cafeico, ferúlico e vanílico; e algumas pequenas quantidades de ácidos luteolina, protocatecuico, trans-p-cumárico e siringico. No entanto, o potencial antioxidante direto pode ser comprometido por sua baixa biodisponibilidade. Isso ocorre porque os compostos fenólicos são suscetíveis à transformação metabólica para formar complexos e alguns outros compostos simples (DOTTO; CHACHA, 2020).

A semente de abóbora também é rica em tocoferóis, principalmente o γ -tocoferol e contém pequenas quantidades de α -tocotrienol, β - e γ -tocotrienóis. Tanto tocoferóis quanto

tocotrienóis são poderosos antioxidantes com a capacidade de desativar radicais altamente ativos, liberando o íon H⁺ de seu anel (BHARTI *et al.*, 2013).

3.3. Métodos de obtenção de óleo de semente de abóbora

3.3.1. Extração por *Goldfish*

O método de *Goldfish* é uma metodologia de extração à quente, onde há o refluxo contínuo do líquido utilizado como solvente e a amostra fica mergulhada no solvente. Devido a isso, esse método é mais rápido e prático e permite uma recuperação mais fácil do solvente. A amostra triturada é inserida em uma cápsula de celulose, envolta por uma cesta presa em uma haste móvel por onde é colocada no *reboiler* com solvente. O solvente é aquecido até entrar em ebulição por cerca de uma hora e meia e, posteriormente a cesta com a cápsula é elevada. Com a cesta elevada, a amostra passa a receber somente as gotas de solvente que condensam. O solvente é separado do óleo por meio da evaporação e sua recuperação ocorre através do sistema de vedação. O solvente evaporado entra em contato com o condensador e fica armazenado na parte superior do equipamento, já o óleo extraído ficará no frasco *reboiler* (WITT, 2018).

Este método tem como principais vantagens a menor quantidade de solvente necessária e rapidez do processo, visto que ocorre de forma contínua e a amostra fica em contato permanente com o solvente. No entanto, tem como ponto negativo o emprego de altas temperaturas que podem degradar o extrato (LOURENÇO, 2019).

3.3.2. Extração por líquidos pressurizados (PLE)

As técnicas de extração de alta pressão, como é o caso da extração com líquidos pressurizados (PLE), vêm sendo cada vez mais implementadas para a obtenção de compostos naturais, visto que são mais eficientes e seletivos (DIAS; DE AGUIAR; ROSTAGNO, 2021).

Na extração com líquidos pressurizados, o solvente é mantido abaixo do seu ponto crítico para que se mantenha na fase líquida durante todo o processo, além disso, pode-se utilizar condições de pressão e temperatura que promovam uma melhor taxa de transferência de massa, por meio da diminuição da tensão superficial e da viscosidade do solvente. Essas condições aumentam a solubilidade dos componentes da matriz sólida e a permeabilidade do solvente. Desta forma, a extração com líquidos pressurizados torna-se mais eficiente e produz menos resíduos, reduzindo tempo e custos do processo (ALVAREZ-RIVERA *et al.*, 2020).

Como exemplo, Andrade *et al.* (2021) obtiveram rendimentos mais elevados empregando temperaturas maiores, em torno de 70°C, no processo de extração com líquidos pressurizados assistido por ultrassom, em relação ao processo em que se utiliza temperaturas próximas aos 30°C. Isso ocorre porque, com temperaturas mais elevadas, há um aumento do coeficiente de difusão e da taxa de difusão do soluto no solvente. Os autores deste estudo também concluíram que o emprego de temperaturas maiores resultou em um menor tempo de extração e, conseqüentemente, diminuição do consumo de energia pelo sistema.

Basicamente, esta técnica, consiste em colocar a amostra num extrator de leito fixo por onde o solvente é bombeado para a célula de extração. Quando a temperatura e a pressão desejadas são atingidas, inicia-se a extração. O solvente utilizado deve ter afinidade com o composto de interesse, além de ser seguro, com baixa toxicidade e de baixo custo (AMEER; SHAHBAZ; KWON, 2017).

Este processo de extração pode ser empregado de três modos diferentes: estático, dinâmico ou a combinação de ambos. O método estático ou em batelada utiliza uma amostra empacotada na célula do equipamento de extração, onde ocorre a injeção de solvente, fazendo com que o contato entre estes permita a migração dos compostos da amostra para o solvente. Posteriormente o solvente é purgado com nitrogênio e transferido para um frasco de coleta. No método de extração dinâmico, ocorre o bombeamento contínuo do solvente através da amostra. Já a extração que emprega os dois métodos combinados visa maximizar as vantagens e minimizar as desvantagens destes (BELANDRIA *et al.*, 2016).

A amostra, por sua vez, deve passar por um pré-tratamento para diminuição do tamanho das partículas e redução da umidade, por isso, geralmente emprega-se o processo de secagem e posteriormente a trituração. Para evitar o aglomeramento das partículas é necessário utilizar um agente de dispersão composto por um material inerte, como a terra diatomácea. O solvente, por sua vez, além de ter afinidade com o analito, também precisa ser compatível com as etapas seguintes do processo de extração, por exemplo, a volatilidade deve ser avaliada quando se emprega a concentração como etapa posterior a extração (CARABIAS-MARTÍNEZ; RODRÍGUEZ-GONZALO; REVILLA-RUIZ; HERNÁNDEZ-MÉNDEZ, 2005).

Os solventes mais comumente utilizados nesse método de extração são o metanol, etanol, isopropanol, acetona, hexano e éter dietílico, porém, atualmente, a água vem se tornando uma boa alternativa devido à sua alta polaridade, a constante dielétrica e a sua capacidade de entumescimento. Estas características tornam a água um bom solvente para a extração de compostos como os ácidos fenólicos e os flavonoides (ONG; CHEONG; GOH, 2006).

O método de extração com líquidos pressurizados vem sendo empregado de forma eficiente na extração de diversos compostos bioativos como os compostos fenólicos, ligninas, carotenoides, tocoferol, além da obtenção de óleos essenciais e outros compostos funcionais provenientes de plantas e outros alimentos (MUSTAFA; TURNER, 2011; SAINI; KEUM, 2016).

Martins *et al.* (2022), em seu artigo sobre a valorização de sementes de tamarindo a partir da extração de alta pressão para obtenção de frações ricas em ácidos graxos e compostos fenólicos, utilizaram o método PLE associado a extração com fluido supercrítico, para a recuperação das frações polares e apolares de sementes de tamarindo e para avaliação do conteúdo fenólico total, capacidade antioxidante e composição química em comparação aos valores obtidos por extração Soxhlet. O estudo demonstrou que a combinação dos métodos de extração com líquido pressurizado e fluido supercrítico aumentou o potencial antioxidante da fração recuperada. Além disso, também observaram que o tipo de solvente utilizado possui influência significativa na seletividade dos compostos recuperados.

Barrales *et al.* (2015), realizaram um estudo sobre a extração de compostos bioativos de sementes de maracujá, onde aplicaram o método de líquidos pressurizados e avaliaram o conteúdo de fenólicos totais e a capacidade antioxidante dos extratos. Os autores observaram que a utilização de etanol como solvente proporciona um maior rendimento global, quando comparado com a água, além de apresentar resultados melhores para os índices de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.

3.4.Cromatografia gasosa

Na química analítica, a cromatografia consiste em um método físico-químico utilizado na separação de compostos e na identificação e quantificação de substâncias. É uma técnica de separação física, que possui uma fase estacionária e outra fase móvel. Uma das principais técnicas da química analítica é a cromatografia gasosa (GC), destacando-se devido a sua eficiência na separação, detecção e identificação de substâncias de maior volatilidade (NASCIMENTO, 2018; MONDELLO, 2011).

Na cromatografia gasosa, uma das principais etapas é a preparação da amostra. Esta baseia-se em um conjunto de operações em que a amostra original é preparada, fazendo com que os analitos sejam transportados para uma condição química mais adequada ao instrumento de análise. Também se busca a remoção de componentes interferentes (NASCIMENTO, 2018).

Esse método analítico pode ser classificado de acordo com a fase estacionária: a cromatografia gás-sólido (CGS) é caracterizada por possuir como fase estacionária um sólido, já a cromatografia gás-líquido (CGL) tem como fase estacionária um líquido. O cromatógrafo é constituído, basicamente, de um cilindro de gás, injetor, forno, coluna, detector, sistema de controle do instrumento e aquisição de dados. A análise consiste na inserção da amostra no injetor aquecido, sendo vaporizada e transferida para uma coluna cromatográfica. Esta coluna é inserida em um forno pré-aquecido e os componentes são eluidos e transferidos até o detector na saída da coluna (PENTEADO, MAGALHÃES, MASINI, 2007).

Os compostos que são separados na coluna chegam até o detector e este gera um sinal elétrico proporcional à quantidade de substância eluída. Assim, é possível determinar a quantidade do composto na amostra através da área dos picos que é proporcional à sua quantidade (MONFREDA *et al.*, 2015).

A cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa, por sua vez, possui grande aplicabilidade, visto que a espectrometria de massa tem boa eficiência na identificação de espécies químicas. A combinação dessas técnicas abrange as vantagens de ambas, ou seja, a eficiência na separação dos compostos e seletividade da cromatografia gasosa e obtenção das características dos componentes, como conformação estrutural, massa molecular e aumento da seletividade da espectrometria de massas (LURIE *et al.*, 1998).

4. METODOLOGIA

4.1. Obtenção e preparação das sementes de abóbora

As sementes utilizadas para a extração de óleo foram obtidas em loja de produtos naturais situada do município de Erechim – RS. As sementes foram submetidas a secagem em estufa por um período de 24h a 40°C. Após a secagem, as sementes passaram pelo processo de trituração para diminuição do tamanho das partículas e separação através de peneiras 9 *mesh* da série *Tyler*. Portanto, foram utilizadas para os ensaios de extração todas as amostras que passaram pela peneira de 9 *mesh*, ou seja, menores que 2 mm.

4.2. Extração do óleo das sementes de abóbora

4.2.1. Extração *Goldfish*

Após a secagem e trituração das sementes, o produto particulado obtido foi pesado e fracionado para a execução da extração por *Goldfish*. Foram utilizadas aproximadamente 5 g de amostra para a extração e 100 mL do solvente orgânico etanol, em sua temperatura de ebulição correspondente a 78°C. Os tempos de extração utilizados foram de 1 hora, 3 horas e 6 horas, para cada solvente. Na sequência, o solvente foi removido por evaporação e o rendimento determinado por meio da razão entre a massa de óleo extraído e a massa de sementes inicialmente adicionadas. As extrações foram realizadas em duplicata.

Figura 1: Extrator *Goldfish* utilizado na extração do óleo de semente de abóbora.



Fonte: elaborado pela autora (2022).

4.2.2. Extração por líquido pressurizado (PLE)

As extrações pelo método do líquido pressurizado foram efetuadas em equipamento de escala laboratorial, composto por um reservatório de solvente, uma bomba de líquido de alta pressão, um extrator de aço inoxidável aquecido através de banho com circulação de água e uma válvula reguladora de pressão na extremidade do extrator, conforme Figura 2.

Figura 2: Unidade experimental utilizada na extração PLE de óleo de semente de abóbora.

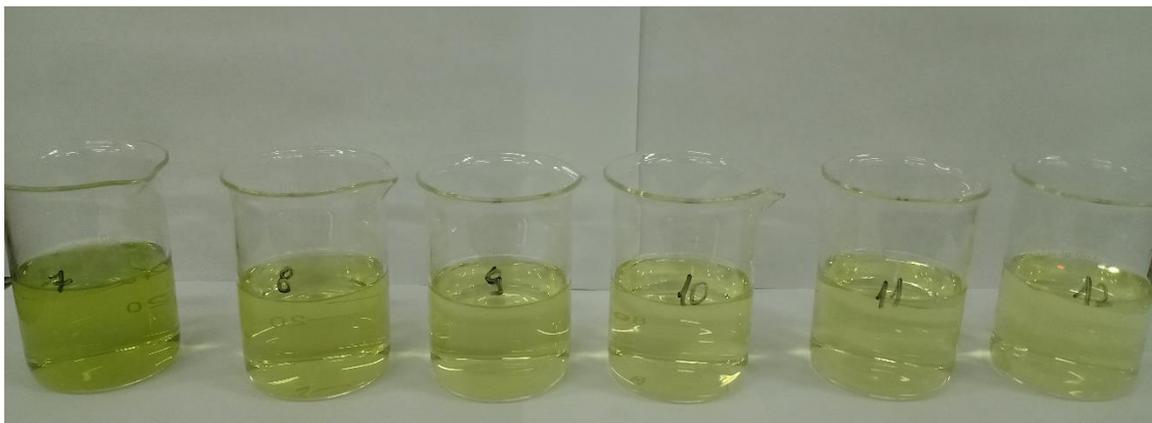


Fonte: elaborado pela autora (2023).

Basicamente uma quantidade de amostra (previamente pesada) foi colocada dentro de um reator encamisado contendo dois filtros de inox em cada uma das extremidades para evitar o arraste de partículas. A seguir, a temperatura do experimento foi ajustada em banho termostático (de acordo com o planejamento experimental). A pressão foi ajustada diretamente através de válvula de seringa localizada ao final da unidade experimental.

Após os ajustes mencionados, o sistema foi deixado em repouso para atingir o equilíbrio térmico por 30 minutos e decorrido este tempo, a válvula de saída era lentamente aberta e o bombeamento do fluido extrator foi iniciado. A cada 10 minutos de extração eram retiradas amostras até o tempo total de uma hora para cada experimento (Figura 3). Finalmente, após todas as retiradas, o sistema foi despressurizado e descartada a amostra utilizada para a extração. Os frascos contendo as alíquotas foram evaporados em estufa, em temperatura de 105°C e o rendimento acumulativo foi determinado por meio da razão entre a massa de óleo extraído e a massa de sementes inicialmente adicionadas.

Figura 3: Alíquotas coletadas a cada 10 minutos de extração com líquido pressurizado.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

As variáveis de processo foram investigadas através de um delineamento composto central, totalizando 7 experimentos com 3 pontos centrais, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Variáveis de processo utilizadas na extração por líquido pressurizado de óleo de semente de abóbora.

| Experimento | Pressão (bar) | Temperatura (°C) |
|-------------|---------------|------------------|
| PLE – 1 | 50 | 30 |
| PLE – 2 | 100 | 30 |
| PLE – 3 | 50 | 50 |
| PLE – 4 | 100 | 50 |
| PLE – 5 | 75 | 40 |
| PLE – 6 | 75 | 40 |
| PLE – 7 | 75 | 40 |

4.3. Cromatografia gasosa

Os ensaios de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas foram realizados na Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Chapecó. Para tal finalidade foi utilizado um cromatógrafo gasoso do modelo *Shimadzu* nas seguintes condições: temperatura de forno (60,0 °C); temperatura de injeção (260,00 °C); modo de Injeção (*split*); modo de controle de fluxo (pressão – 57,4 kPa); fluxo total: 54,0 mL/min; fluxo da coluna: 1,00 mL/min. A identificação dos compostos foi realizada por comparação com os compostos encontrados na biblioteca específica do equipamento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Extração *Goldfish*

O rendimento das extrações pelo método *Goldfish* do óleo de sementes de abóbora utilizando etanol como solvente está expresso na Tabela 2. Empregando-se um tempo de extração de 1 hora obteve-se um rendimento médio de 54,82% m/m, com 3 horas de extração o rendimento foi de 52,57% m/m, já a extração de 6 horas apresentou um rendimento de 52,69% m/m.

Tabela 2: Rendimento das extrações de óleo de semente de abóbora utilizando etanol como solvente através do método *Goldfish*.

| Tempo extração (h) | Rendimento (%) |
|--------------------|--------------------------|
| 1 | 54,82 ^b ±1,62 |
| 3 | 52,57 ^a ±0,40 |
| 6 | 52,69 ^a ±0,34 |

⁽¹⁾Letras iguais indicam que não há diferença significativa ($p < 0,05$).

Os resultados obtidos são semelhantes ao obtido por Silva *et al.* (2020) que realizaram a extração por Soxhlet de óleo de semente de abóbora utilizando hexano como solvente a 70°C por 8 horas, resultando em um rendimento global de 54,55 %. Outro estudo realizado por Wang *et al.* (2021) apresentou um rendimento de 39,79% de óleo usando o método de partição trifásica assistida por ultrassom.

Já Cuco *et al.* (2019) utilizaram propano comprimido como solvente resultando num rendimento de 21,79 %. Mitra, Ramaswamy e Chang (2009) obtiveram um rendimento de 30,7% usando dióxido de carbono supercrítico na extração. Analisando estes resultados, percebe-se que a extração por *Goldfish* é um dos métodos mais eficientes para a extração de óleo de semente de abóbora.

A partir dos resultados obtidos, empregando-se etanol como solvente, percebe-se que o emprego de tempos maiores de extração não proporcionou maiores rendimentos, ou seja, o tempo de 1 hora de extração é suficiente para extrair praticamente todo o óleo das sementes. Desta forma, com um tempo menor de extração pode-se inferir também que os compostos bioativos do óleo são preservados, obtendo-se um produto de qualidade superior, além de ser um processo com menor gasto energético.

5.2. Extração com líquido pressurizado

A Tabela 3 e a Figura 4 apresentam o rendimento de extração do óleo de semente de abóbora obtido através de líquido pressurizado. Nesta abordagem pode-se perceber que o rendimento de extração variou de 15,32 % a 33,75 %, nas condições de 100 bar e 30°C e 50 bar e 50°C, respectivamente. A Figura 5 apresenta o diagrama de Pareto a 95% de confiança, onde x_1 é a variável pressão e x_2 é a variável temperatura, onde é possível verificar que a pressão apresentou efeito significativo negativo (-5,40) sobre o rendimento de extração, ou seja, um aumento da pressão levou a uma diminuição do rendimento. Isso se comprova na comparação entre os experimentos 1 e 2 onde, mantendo-se a temperatura constante, há uma diminuição do rendimento da extração de 20,26% para 15,32%. Da mesma forma, nos experimentos 3 e 4, o mesmo comportamento se verificou, acarretando numa diminuição de rendimento de 33,74% para 19,09%. A temperatura, embora não tenha apresentado efeito significativo, apresentou coeficiente positivo, ou seja, um aumento nos seus valores levou a um aumento do rendimento de extração.

Tabela 3: Rendimento das extrações de óleo de semente de abóbora utilizando etanol como solvente através do método com líquido pressurizado (PLE).

| Experimento | Pressão (bar) | Temperatura (°C) | Rendimento (%) |
|-------------|---------------|------------------|----------------|
| PLE – 1 | 50 | 30 | 20,26 |
| PLE – 2 | 100 | 30 | 15,32 |
| PLE – 3 | 50 | 50 | 33,74 |
| PLE – 4 | 100 | 50 | 19,09 |
| PLE – 5 | 75 | 40 | 17,02 |
| PLE – 6 | 75 | 40 | 18,53 |
| PLE – 7 | 75 | 40 | 22,33 |

Figura 4: Rendimento das extrações de óleo de semente de abóbora pelo método PLE.

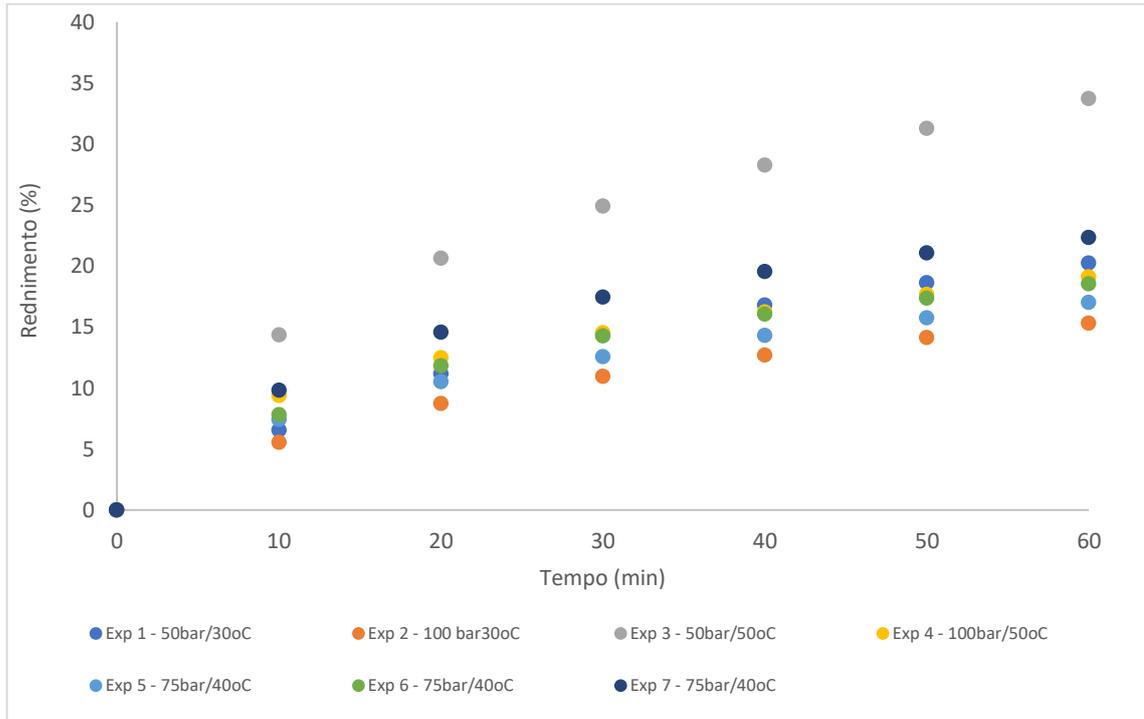
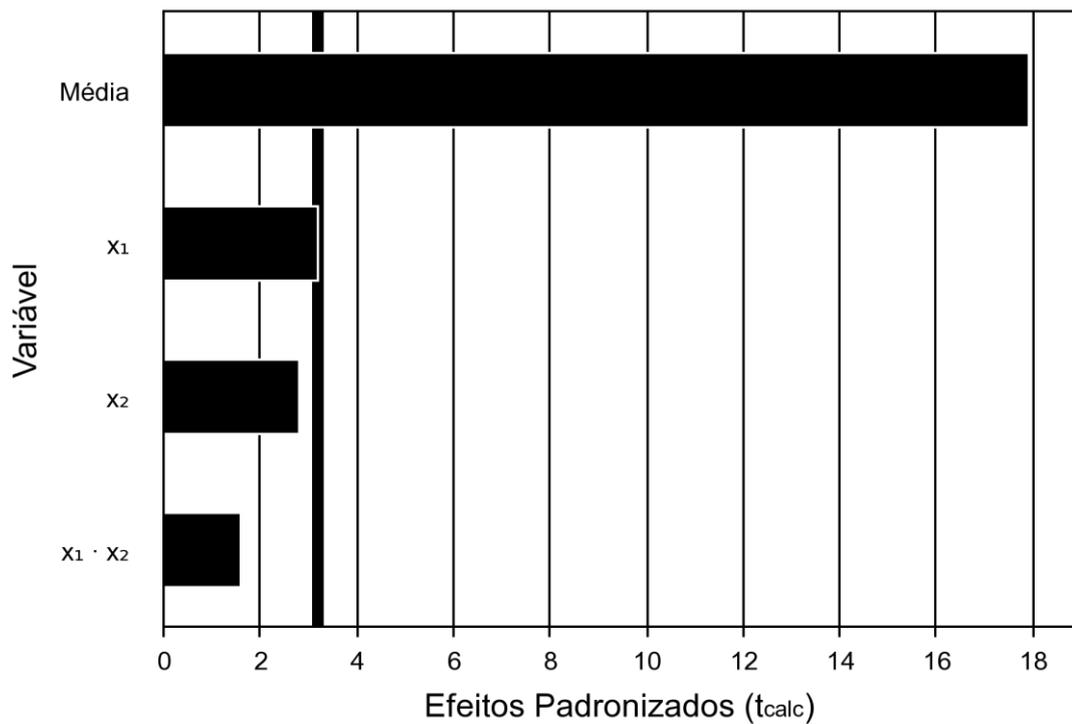


Figura 5: Diagrama de Pareto com intervalo de confiança de 95% para as variáveis pressão e temperatura.

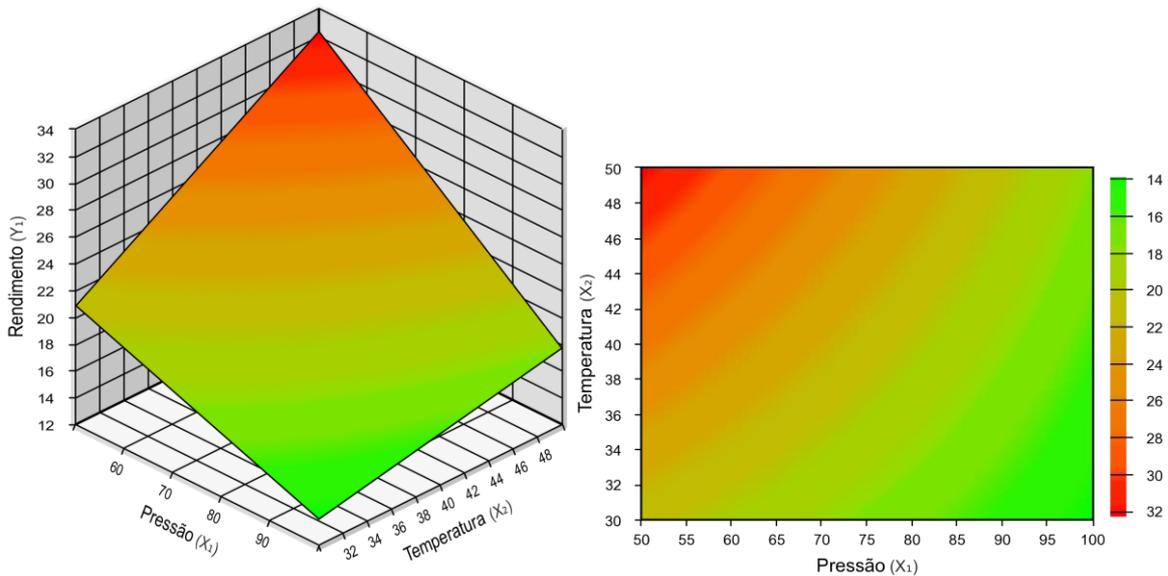


Na Figura 4 é possível visualizar a variação do rendimento das extrações com o passar do tempo, sendo possível verificar um comportamento de extração semelhante em todas as condições experimentais. Silva *et al.* (2019) obtiveram rendimentos de extração de óleo de

semente de abóbora que variaram de 24,78% a 54,55% através dos métodos de extração por Soxhlet, utilizando hexano a 70°C como solvente, e extração mecânica. Já Sousa (2012) obteve um rendimento de 47,8% de óleo na extração por Soxhlet e 14,1% na extração a frio por prensagem. Comparando estes dados com os resultados do presente trabalho, infere-se que a extração por líquido pressurizado é menos eficiente, quando comparada a outros métodos.

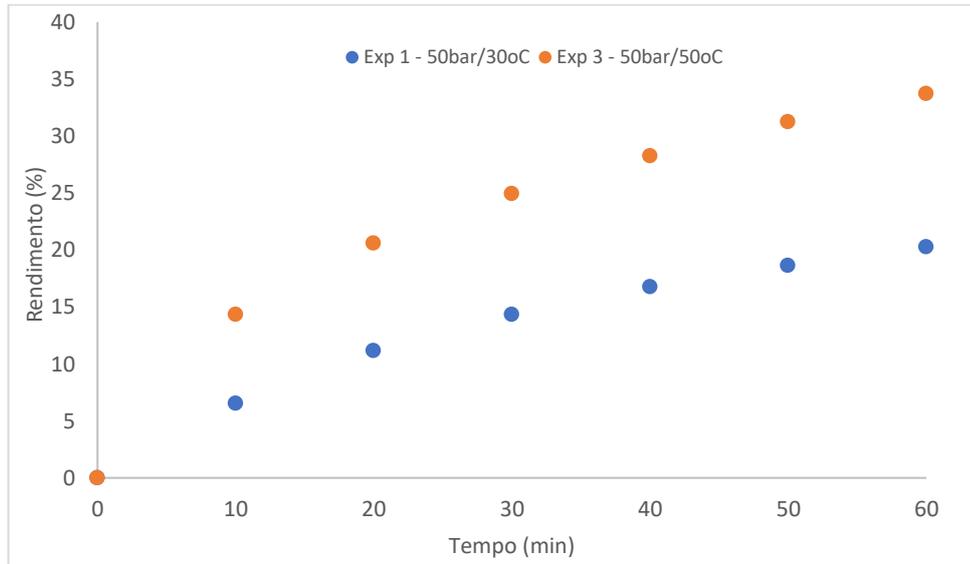
Na Figura 6 têm-se as superfícies de resposta para as variáveis pressão e temperatura sobre o rendimento de extração por líquido pressurizado. A partir da análise destes percebe-se que o rendimento aumenta conforme aumenta a temperatura de extração. Já em relação a pressão, ocorre o efeito inverso, isto é, quanto maior a pressão menor é o rendimento.

Figura 6: Superfície de resposta para as variáveis pressão e temperatura sobre o rendimento da extração PLE.



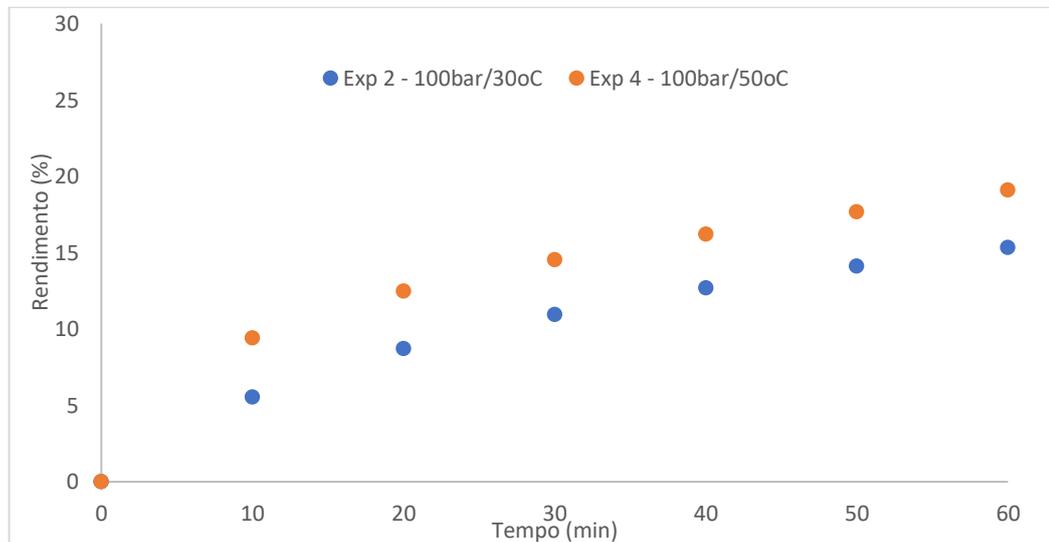
Na Figura 7, apresenta-se os rendimentos das extrações mantendo-se constante a pressão em 50 bar e variando a temperatura de 30°C e 50°C, respectivamente. A partir da análise dos dados do Gráfico 2 verifica-se que o ensaio 3, onde a temperatura de extração foi maior, apresentou um rendimento maior em relação ao ensaio 1.

Figura 7: Rendimento das extrações dos ensaios 1 e 3 mantendo-se constante a pressão em 50bar e variando a temperatura de 30°C e 50°C.



Na Figura 8 são apresentados os resultados dos rendimentos das extrações dos ensaios 2 e 4 que também possuem a mesma pressão de extração (100 bar) e diferentes temperaturas (30°C e 50°C). Novamente percebe-se que no experimento em que foi empregada uma temperatura de extração maior, o rendimento também foi maior. Neste caso, porém, a diferença entre o rendimento do experimento 2 e o experimento 4 foi menor, comparando-se com a diferença dos ensaios 1 e 3.

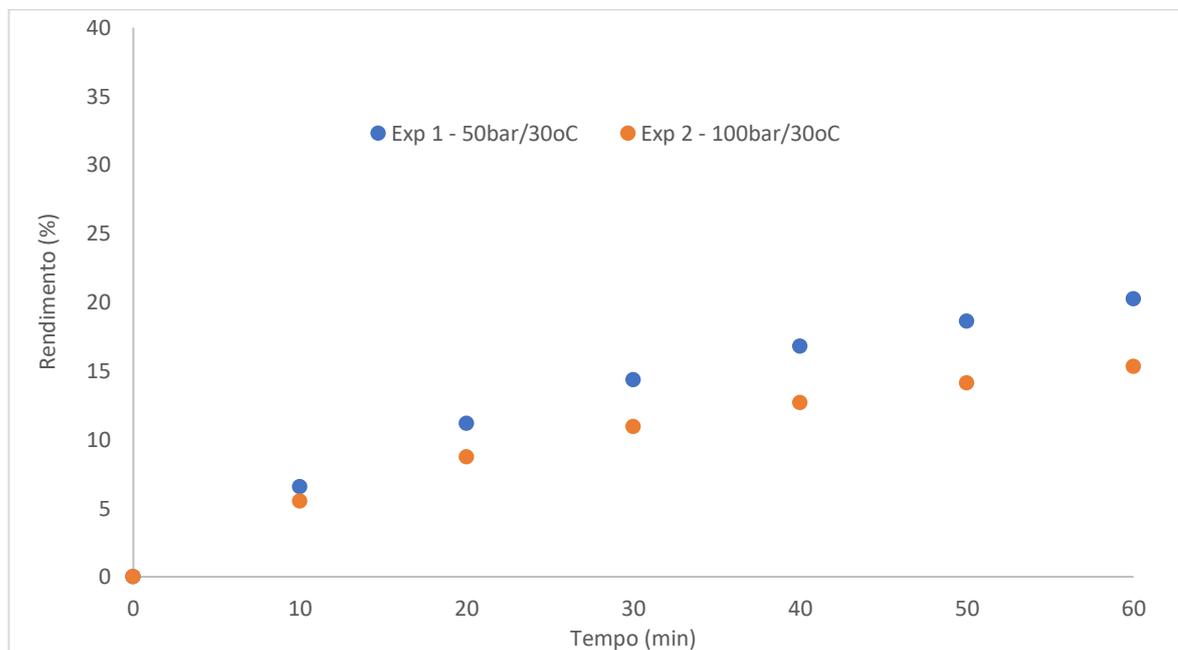
Figura 8: Rendimento das extrações dos ensaios 2 e 4, com pressões iguais e diferentes temperaturas



Araújo (2019) também observou em seus experimentos que o aumento da temperatura (de 60 para 80°C) acarretou em um maior rendimento da extração por líquido pressurizado de compostos ativos de resíduo industrial de camu-camu (*Myrciaria dubia*). O mesmo ocorreu para Mello *et al.* (2018), onde o aumento da temperatura também proporcionou um efeito positivo sobre o rendimento da extração de óleo de crambe.

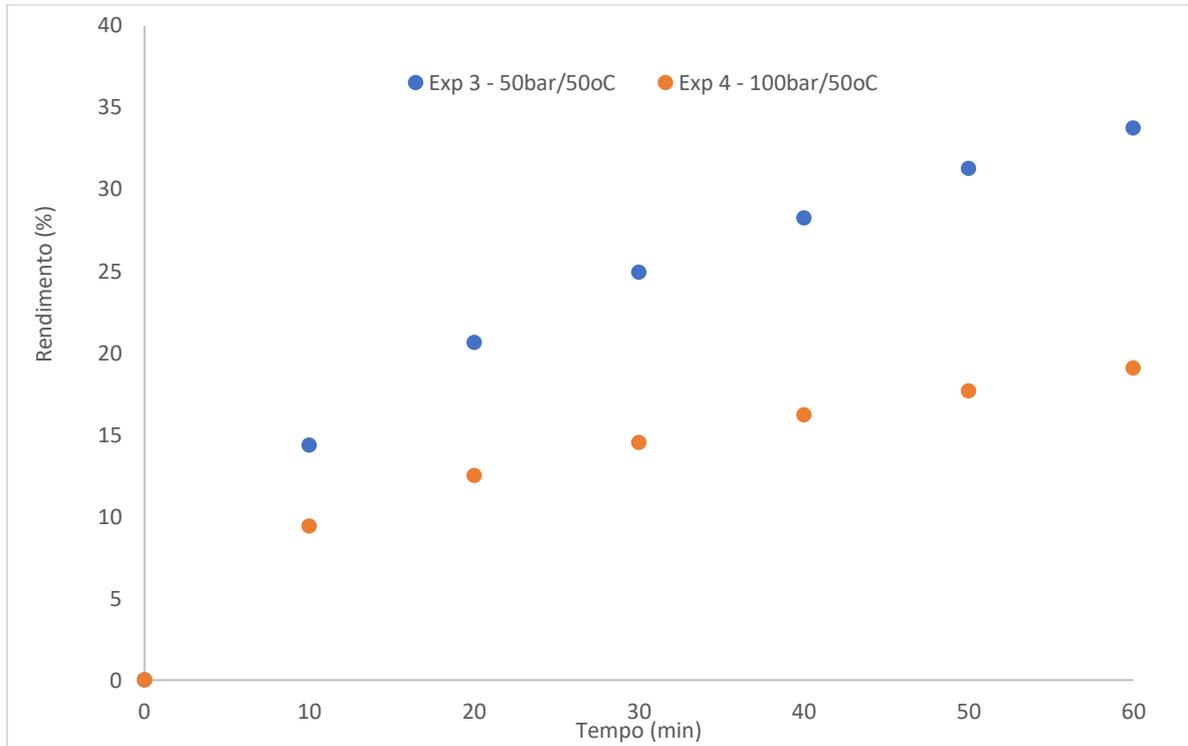
A Figura 9 compara o rendimento dos ensaios 1 e 2 em que foram empregadas temperatura iguais (30°C) e pressões diferentes, sendo 50 bar para o ensaio 1 e 100 bar para o ensaio 2. Observa-se que o experimento 1, com pressão inferior ao experimento 2, apresentou um rendimento superior.

Figura 9: Rendimento das extrações dos ensaios 1 e 2, com temperaturas iguais e diferentes pressões de extração



Na Figura 10 estão indicados os valores do rendimento dos ensaios 3 e 4, onde aplicou-se temperaturas iguais para a extração (50°C) e pressões diferentes de 50 e 100 bar, respectivamente. Neste caso, também se observa que o rendimento maior ocorreu no experimento em que a pressão empregada foi menor.

Figura 10: Rendimento das extrações dos ensaios 3 e 4, com temperaturas iguais e diferentes pressões de extração.

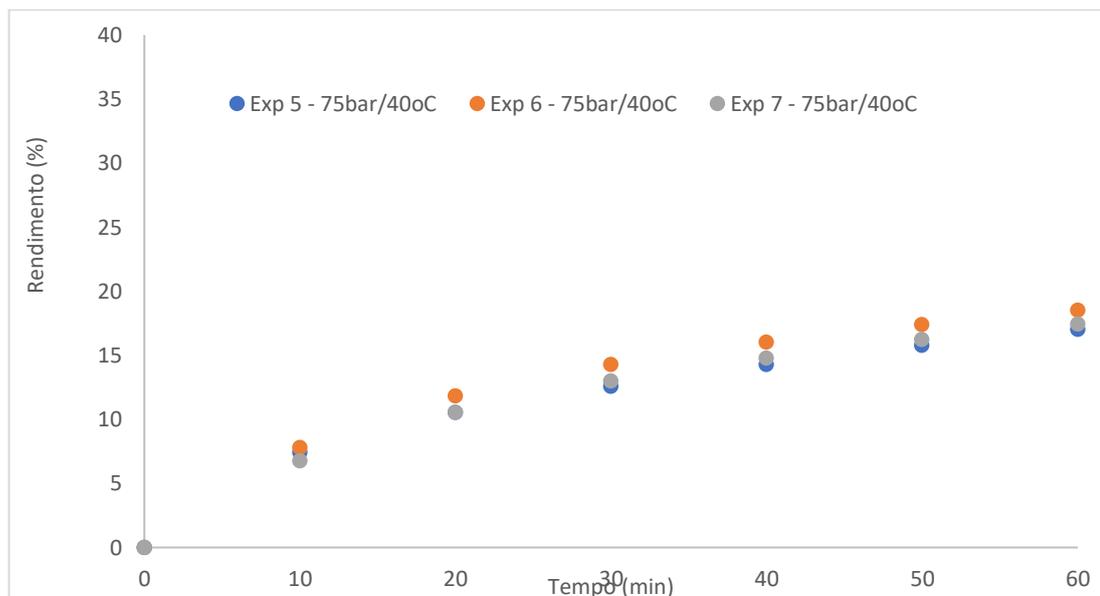


Mello *et al.* (2021) estudaram o efeito das variáveis de processo na extração com líquido pressurizado de óleo de semente de rabanete e observaram, de forma semelhante, que o emprego de pressões maiores não influenciou de forma significativa no processo.

Desta forma, pode-se dizer que para os experimentos realizados no presente trabalho, a temperatura influenciou de forma positiva no rendimento das extrações, visto que quanto maiores as temperaturas empregadas maiores foram os rendimentos obtidos. Já a pressão de extração apresentou um efeito contrário, isto é, inversamente proporcional, pois quanto maior a pressão empregada menor foi o rendimento obtido.

A Figura 11 indica os resultados obtidos nos ensaios 5, 6 e 7, em que foram empregados os mesmos valores de pressão e temperatura durante a extração. Percebe-se, por meio da análise visual do gráfico, que o rendimento dos três experimentos foi semelhante e, em alguns pontos, iguais.

Figura 11: Rendimento dos ensaios 5, 6 e 7, com mesma temperatura e mesma pressão de extração.



5.3. Cromatografia gasosa

Os resultados obtidos na cromatografia gasosa das amostras de óleo extraídas estão expressos nas Tabelas abaixo para cada condição experimental.

Tabela 4: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por extração *Goldfish* com tempo de extração de 1 hora.

| Pico | Tempo de Retenção (min) | Composto | % do composto na amostra |
|------|-------------------------|---|--------------------------|
| 1 | 2,183 | 2-Cloro-2-metilbutano | 2,69 |
| 2 | 2,270 | 3-Penten-2-ol | 1,16 |
| 3 | 3,176 | Ácido ciclopropanocarboxílico, trans-2-fenil-, 4-metil-2-pentil éster | 4,67 |
| 4 | 3,541 | 3,3-Dimetil-1-buteno | 3,23 |
| 5 | 5,413 | Trans-2-heptenal | 3,90 |
| 6 | 11,822 | Trans-2-Decenal | 3,00 |
| 7 | 12,614 | 2,4-Decadienal | 2,50 |
| 8 | 13,176 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 3,10 |
| 9 | 28,247 | Ácido ascórbico | 10,62 |
| 10 | 32,412 | Ácido linoleico | 32,32 |
| 11 | 32,564 | Ácido cis-6-octadecenóico | 28,11 |
| 12 | 33,201 | Ácido linoleico | 4,67 |

Tabela 5: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por extração *Goldfish* com tempo de extração de 3 horas.

| Pico | Tempo de Retenção (min) | Composto | % do composto na amostra |
|------|-------------------------|---|--------------------------|
| 1 | 2,181 | 2-Cloro-2-metilbutano | 4,73 |
| 2 | 3,190 | Ácido ciclopropanocarboxílico, trans-2-fenil-, 4-metil-2-pentil éster | 3,66 |
| 3 | 3,557 | 2-Metil-3-butin-2-ol | 2,38 |
| 4 | 5,421 | Trans-2-heptenal | 5,53 |
| 5 | 11,821 | Trans-2-Decenal | 3,38 |
| 6 | 12,612 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 2,83 |
| 7 | 13,175 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 3,84 |
| 8 | 28,264 | Ácido ascórbico | 8,28 |
| 9 | 29,046 | Ácido palmítico | 1,42 |
| 10 | 32,450 | Ácido linoleico | 30,98 |
| 11 | 32,599 | Ácido cis-6-octadecenóico | 23,91 |
| 12 | 33,201 | Ácido linoleico | 7,26 |
| 13 | 33,381 | Ácido oleico | 1,80 |

Tabela 6: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por extração *Goldfish* com tempo de extração de 6 horas.

| Pico | Tempo de Retenção (min) | Composto | % do composto na amostra |
|------|-------------------------|---|--------------------------|
| 1 | 2,093 | 3-Penten-2-ol | 2,60 |
| 2 | 3,037 | Ácido ciclopropanocarboxílico, trans-2-fenil-, 4-metil-2-pentil éster | 1,57 |
| 3 | 3,414 | 4-Metil-2-penteno | 0,88 |
| 4 | 5,336 | Trans-2-heptenal | 1,77 |
| 5 | 11,796 | Trans-2-Decenal | 1,51 |
| 6 | 12,590 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 1,53 |
| 7 | 13,156 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 1,95 |
| 8 | 28,251 | Ácido ascórbico | 9,76 |
| 9 | 29,034 | Ácido palmítico | 1,01 |
| 10 | 32,434 | Ácido linoleico | 34,77 |
| 11 | 32,587 | Ácido cis-6-octadecenóico | 33,70 |
| 12 | 33,181 | Ácido linoleico | 7,07 |
| 13 | 33,377 | Ácido oleico | 1,87 |

Tabela 7: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 50 bar e 30°C.

| Pico | Tempo de Retenção (min) | Composto | % do composto na amostra |
|------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| 1 | 2,212 | 2-Cloro-2-metilbutano | 3,34 |
| 2 | 2,302 | 3-Penten-2-ol | 1,04 |
| 3 | 5,420 | Trans-2-heptenal | 0,30 |
| 4 | 11,811 | Trans-2-Decenal | 0,19 |
| 5 | 12,601 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,23 |
| 6 | 13,167 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,27 |
| 7 | 28,262 | Ácido ascórbico | 7,41 |
| 8 | 29,028 | Ácido palmítico | 0,60 |
| 9 | 31,436 | Ácido linoleico | 0,74 |
| 10 | 31,599 | Ácido elaídico | 0,36 |
| 11 | 32,464 | Ácido linoleico | 34,05 |
| 12 | 32,613 | Ácido cis-6-octadecenóico | 29,82 |
| 13 | 33,191 | Ácido linoleico | 5,11 |
| 14 | 33,367 | Ácido oleico | 1,12 |
| 15 | 45,936 | 16,17,25,26-Tetrahydroelasterol | 15,43 |

Tabela 8: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 100 bar e 30°C.

| Pico | Tempo de Retenção (min) | Composto | % do composto na amostra |
|------|-------------------------|---|--------------------------|
| 1 | 2,196 | 2-Cloro-2-metilbutano | 2,02 |
| 2 | 2,286 | 3-Penten-2-ol | 0,83 |
| 3 | 3,189 | Ácido ciclopropanocarboxílico, trans-2-fenil-, 4-metil-2-pentil éster | 0,42 |
| 4 | 3,380 | 4-Etil-1-octina-3-ol | 0,14 |
| 5 | 3,551 | 3,3-Dimetil-1-buteno | 0,23 |
| 6 | 5,415 | Trans-2-heptenal | 0,36 |
| 7 | 11,819 | Trans-2-Decenal | 0,21 |
| 8 | 12,612 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,24 |
| 9 | 13,178 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,28 |
| 10 | 28,287 | Ácido ascórbico | 6,99 |
| 11 | 29,036 | Ácido palmítico | 0,27 |
| 12 | 31,445 | Ácido linoleico | 0,39 |
| 13 | 31,610 | Ácido elaídico | 0,17 |
| 14 | 32,518 | Ácido linoleico | 28,98 |
| 15 | 32,666 | Ácido cis-6-octadecenóico | 27,11 |
| 16 | 33,217 | Trans-11-(13,14-Epoxy)tetradecen-1-ol acetato | 4,07 |
| 17 | 33,400 | Ácido oleico | 0,84 |
| 18 | 34,180 | Esqualeno | 6,99 |
| 19 | 34,320 | Esqualeno | 8,06 |
| 20 | 34,432 | Esqualeno | 11,40 |

Tabela 9: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 50 bar e 50°C.

| Pico | Tempo de Retenção (min) | Composto | % do composto na amostra |
|------|-------------------------|--|--------------------------|
| 1 | 2,196 | 2-Cloro-2-metilbutano | 3,97 |
| 2 | 2,291 | 3-Penten-2-ol | 1,47 |
| 3 | 2,978 | Tolueno | 0,32 |
| 4 | 3,382 | 4-Etil-1-octina-3-ol | 0,63 |
| 5 | 5,416 | Trans-2-Heptenal | 0,54 |
| 6 | 11,817 | Trans-2-Decenal | 0,31 |
| 7 | 12,615 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,36 |
| 8 | 13,178 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,54 |
| 9 | 28,268 | Ácido ascórbico | 4,36 |
| 10 | 29,048 | Ácido palmítico | 0,40 |
| 11 | 31,462 | Ácido linoleico | 0,42 |
| 12 | 32,455 | Ácido linoleico | 18,61 |
| 13 | 32,604 | Ácido elaídico | 19,70 |
| 14 | 33,207 | Ácido linoleico | 3,24 |
| 15 | 33,380 | Esqualeno | 0,99 |
| 16 | 34,467 | Ácido ftálico | 35,67 |
| 17 | 44,813 | Ácido oleico | 0,69 |
| 18 | 46,000 | (3 β ,5 α)- Estigmasta-7,25-dien-3-ol | 7,76 |

Tabela 10: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 100 bar e 50°C.

| Pico | Tempo de Retenção (min) | Composto | % do composto na amostra |
|------|-------------------------|---|--------------------------|
| 1 | 2,200 | 2-Cloro-2-metilbutano | 2,66 |
| 2 | 2,297 | 3-Penten-2-ol | 1,07 |
| 3 | 3,202 | Ácido ciclopropanocarboxílico, trans- 2-fenil-, 4-metil-2-pentil éster | 0,66 |
| 4 | 3,566 | Ácido metacrílico | 0,32 |
| 5 | 5,426 | Trans-2-Heptenal | 0,58 |
| 6 | 11,824 | Trans-2-Decenal | 0,38 |
| 7 | 12,622 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,41 |
| 8 | 13,183 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,50 |
| 9 | 28,285 | Ácido ascórbico | 5,80 |
| 10 | 29,058 | Ácido palmítico | 0,43 |
| 11 | 31,461 | Ácido linoleico | 0,5 |
| 12 | 31,631 | Ácido elaídico | 0,20 |
| 13 | 32,495 | Ácido linoleico | 24,08 |
| 14 | 32,644 | Ácido oleico | 22,76 |
| 15 | 33,219 | Ácido linoleico | 3,75 |
| 16 | 33,407 | Ácido oleico | 1,05 |
| 17 | 34,491 | Esqualeno | 22,93 |
| 18 | 45,993 | (3 β ,5 α)- Estigmasta-7,25-dien-3-ol | 11,92 |

Tabela 11: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 75 bar e 40°C.

| Pico | Tempo de Retenção (min) | Composto | % do composto na amostra |
|------|-------------------------|--|--------------------------|
| 1 | 2,207 | 2-Cloro-2-metilbutano | 1,91 |
| 2 | 2,300 | 3-Penten-2-ol | 0,49 |
| 3 | 2,987 | Tolueno | 0,15 |
| 4 | 3,392 | Ácido valérico | 0,15 |
| 5 | 5,418 | Trans-2-Heptenal | 0,17 |
| 6 | 11,816 | Trans-2-Decenal | 0,08 |
| 7 | 12,614 | 2- 4-Decadienal | 0,08 |
| 8 | 13,177 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,12 |
| 9 | 28,291 | Ácido ascórbico | 6,22 |
| 10 | 29,046 | Ácido palmítico | 0,28 |
| 11 | 31,453 | Ácido linoleico | 0,33 |
| 12 | 32,529 | Ácido linoleico | 27,19 |
| 13 | 32,672 | Ácido cis-6-octadecenóico | 27,14 |
| 14 | 33,224 | Ácido linoleico | 4,83 |
| 15 | 33,397 | Ácido oleico | 1,40 |
| 16 | 34,479 | Esqualeno | 15,80 |
| 17 | 46,021 | (3 β ,5 α)- Estigmasta-7,25-dien-3-ol | 8,70 |
| 18 | 49,633 | Cloreto de ácido oleico | 1,89 |
| 19 | 52,514 | (3 β ,5 α)- Estigmasta-7,25-dien-3-ol | 3,06 |

Tabela 12: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 75 bar e 40°C.

| Pico | Tempo de Retenção (min) | Composto | % do composto na amostra |
|------|-------------------------|---|--------------------------|
| 1 | 2,212 | 2-Cloro-2-metilbutano | 3,00 |
| 2 | 2,303 | 3-Penten-2-ol | 1,24 |
| 3 | 3,208 | Ácido ciclopropanocarboxílico, trans-2-fenil-, 4-metil-2-pentil éster | 0,54 |
| 4 | 3,394 | 4-Etil-1-octina-3-ol | 0,21 |
| 5 | 3,570 | 3-Penteno-2-ona | 0,26 |
| 6 | 5,424 | Trans-2-Heptenal | 0,52 |
| 7 | 11,821 | Trans-2-Decenal | 0,29 |
| 8 | 12,619 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,34 |
| 9 | 13,179 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,45 |
| 10 | 28,283 | Ácido ascórbico | 4,71 |
| 11 | 29,053 | Ácido palmítico | 0,29 |
| 12 | 31,458 | Ácido linoleico | 0,43 |
| 13 | 31,625 | Ácido elaídico | 0,21 |
| 14 | 32,481 | Ácido linoleico | 20,15 |
| 15 | 32,629 | Ácido cis-6-octadecenóico | 19,10 |
| 16 | 33,215 | Ácido linoleico | 3,19 |
| 17 | 33,400 | Ácido oleico | 1,01 |
| 18 | 34,481 | Esqualeno | 35,05 |
| 19 | 46,023 | (3 β ,5 α)-Estigmasta-7,25-dien-3-ol | 8,99 |

Tabela 13: Perfil químico do óleo de semente de abóbora obtido por etanol pressurizado a 75 bar e 40°C.

| Pico | Tempo de Retenção (min) | Composto | % do composto na amostra |
|------|-------------------------|---|--------------------------|
| 1 | 2,206 | 2-Cloro-2-metilbutano | 2,52 |
| 2 | 2,300 | 3-Penten-2-ol | 1,10 |
| 3 | 3,208 | Ácido ciclopropanocarboxílico, trans-2-fenil-, 4-metil-2-pentil éster | 1,13 |
| 4 | 3,572 | 3,3-Dimetil-1-buteno | 0,72 |
| 5 | 5,429 | Trans-2-Heptenal | 0,78 |
| 6 | 11,832 | Trans-2-Decenal | 0,45 |
| 7 | 12,627 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,45 |
| 8 | 13,189 | 2-trans-4-trans-Decadienal | 0,62 |
| 9 | 28,314 | Ácido ascórbico | 8,14 |
| 10 | 29,063 | Ácido palmítico | 0,30 |
| 11 | 32,554 | Ácido linoleico | 30,69 |
| 12 | 32,704 | Ácido cis-6-octadecenóico | 31,66 |
| 13 | 33,253 | (Z)-11-(13,14-Epoxy)tetradecen-1-ol acetato | 4,33 |
| 14 | 33,423 | Ácido oleico | 0,80 |
| 15 | 34,477 | Esqualeno | 10,18 |
| 16 | 46,067 | (3 β ,5 α)-Estigmasta-7,25-dien-3-ol | 6,15 |

Na Tabela 14 observa-se que os compostos majoritários nas amostras de óleo foram os ácidos linoleico e cis-6-octadecenóico, com excessão para os óleos das condições experimentais PLE 3 e PLE 4, as quais apresentaram como compostos majoritários os ácidos linoleico, oleico e elaídico. Também observa-se uma quantidade considerável de ácido ascórbico.

Tabela 14: Resultados cromatografia gasosa apresentando os compostos majoritários encontrados nas diversas condições experimentais.

| Método de extração | Condições de extração | Ácido ascórbico (%) | Ácido linoleico (%) | Ácido 6-octadecenóico (%) | Ácido oleico (%) | Ácido palmítico (%) | Ácido elaídico (%) |
|--------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|------------------|---------------------|--------------------|
| <i>Goldfish</i> | 1h | 10,30 | 36,99 | 20,90 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Goldfish</i> | 3h | 8,28 | 47,24 | 23,91 | 1,8 | 1,42 | 0 |
| <i>Goldfish</i> | 6h | 9,76 | 41,84 | 28,16 | 1,87 | 1,01 | 0 |
| PLE 1 | 30°C/50bar | 7,41 | 39,9 | 29,82 | 1,12 | 0,60 | 0,36 |
| PLE 2 | 30°C/100bar | 6,99 | 28,98 | 27,11 | 0,84 | 0,27 | 0,17 |
| PLE 3 | 50°C/50bar | 4,36 | 22,27 | 0 | 0,99 | 0,40 | 19,7 |
| PLE 4 | 50°C/100bar | 5,8 | 28,33 | 0 | 23,81 | 0,43 | 0,2 |
| PLE 5 | 40°C/75bar | 6,22 | 32,35 | 29,99 | 1,40 | 0,28 | 0 |
| PLE 6 | 40°C/75bar | 4,71 | 23,77 | 19,1 | 1,01 | 0,69 | 0,21 |
| PLE 7 | 40°C/75bar | 8,14 | 30,69 | 31,66 | 0,80 | 0,30 | 0 |

Corrêa *et al.* (2013), avaliaram o perfil de ácidos graxos do óleo de sementes de abóboras crioulas (*Cucurbita máxima L.*), extraído pelo método de *Blight Dyer*, utilizando como solvente uma mistura de clorofórmio e metanol, encontrando em maiores quantidades os ácidos linoleico e oleico, com percentuais de 42,85 a 47,02%, resultados estes, semelhantes aos obtidos nas amostras extraídas pelo método de *Goldfish*. Silva e Souza (2020) também realizaram a caracterização do perfil de ácidos graxos do óleo de semente de abóbora, obtendo valores semelhantes para o ácido linoleico, que variaram de 42,58 a 46,27%.

Em relação aos teores de vitamina C, observa-se que o óleo extraído pelo método *Goldfish* apresentou maiores índices, em comparação ao método PLE. Nas amostras de óleo extraídas pelo método PLE percebe-se que a quantidade de vitamina C foi menor nos experimentos em que a temperatura empregada foi de 50°C, em relação a temperatura de 30°C.

Os resultados da cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa do óleo de semente de abóbora possibilitam identificar que os ácidos graxos predominantes presentes nas amostras são os ácidos linoleico e cis-6-octadecenóico, destacando-se também o teor significativo de vitamina C do óleo, a presença do fitoesterol escotenol no experimento PLE 1 e do ácido oleico (ômega 9), no experimento PLE 4, importante ácido graxo monoinsaturado, tornando o óleo nutricionalmente importante.

Nas Figuras a seguir, estão representados os cromatogramas das amostras de óleo analisadas para cada condição experimental, sendo possível visualizar os picos dos compostos identificados.

Figura 12: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por extração *Goldfish* com tempo de extração de 1 hora.

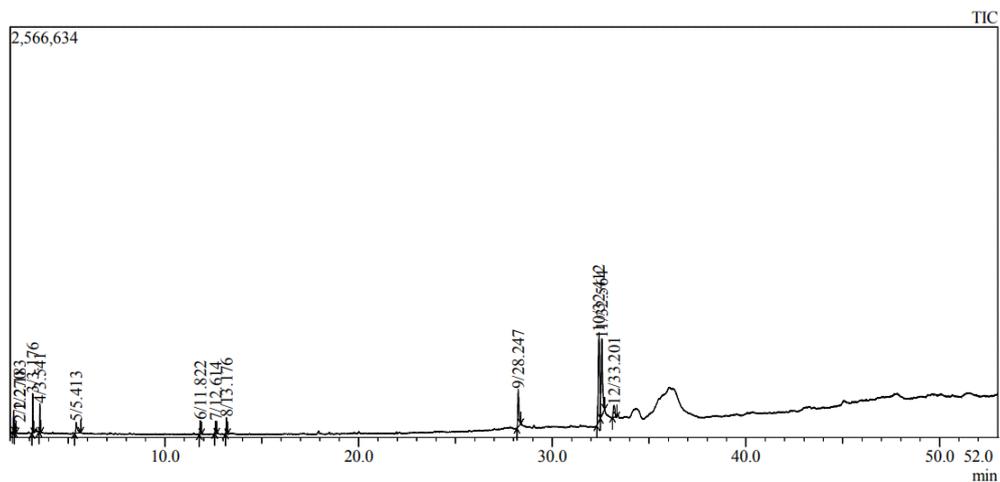


Figura 13: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por extração *Goldfish* com tempo de extração de 3 horas.

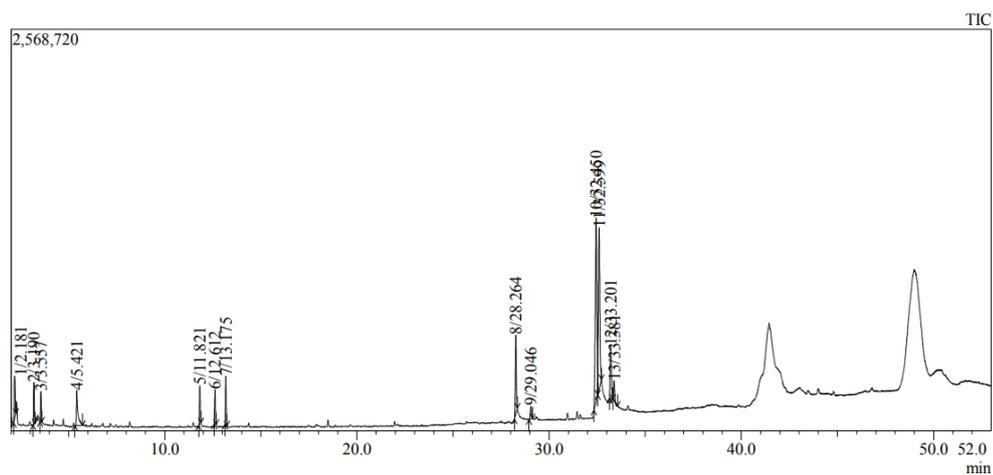


Figura 14: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por extração *Goldfish* com tempo de extração de 6 horas.

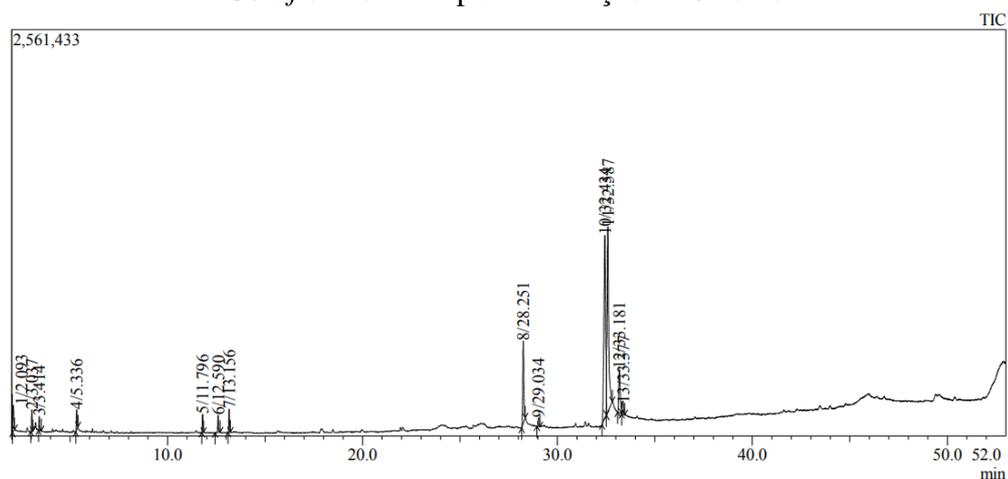


Figura 15: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 50 bar e 30°C.

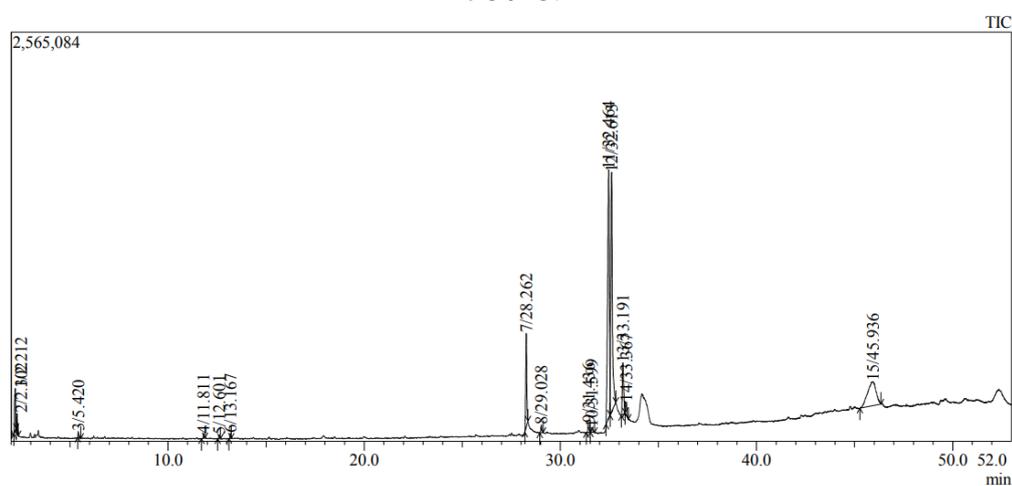


Figura 16: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 100 bar e 30°C.

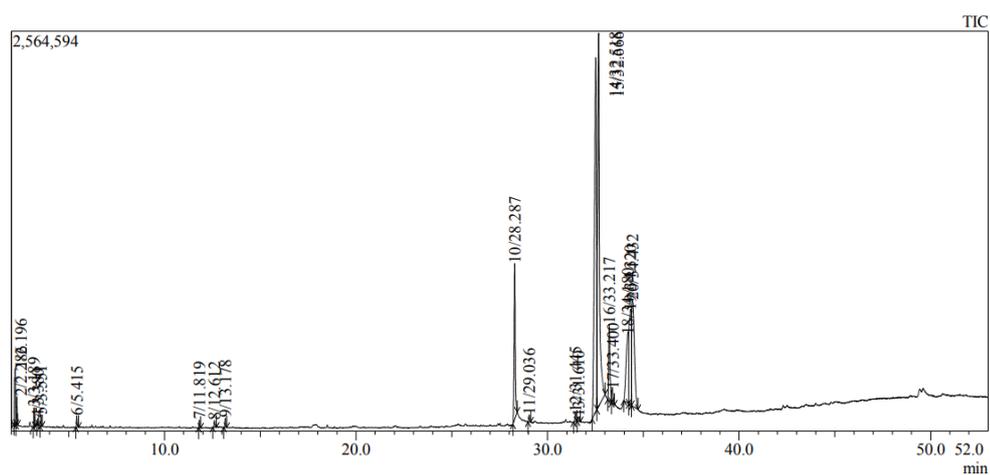


Figura 17: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 50 bar e 50°C.

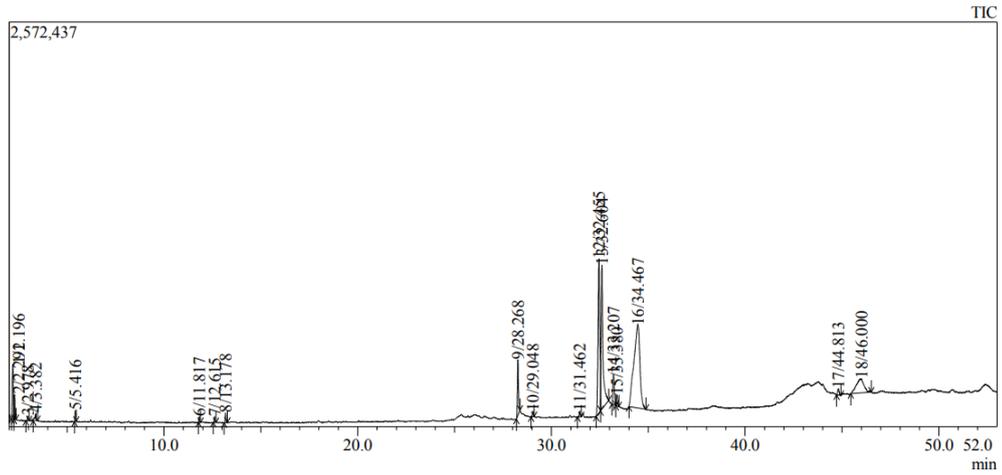


Figura 18: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 100 bar e 50°C.

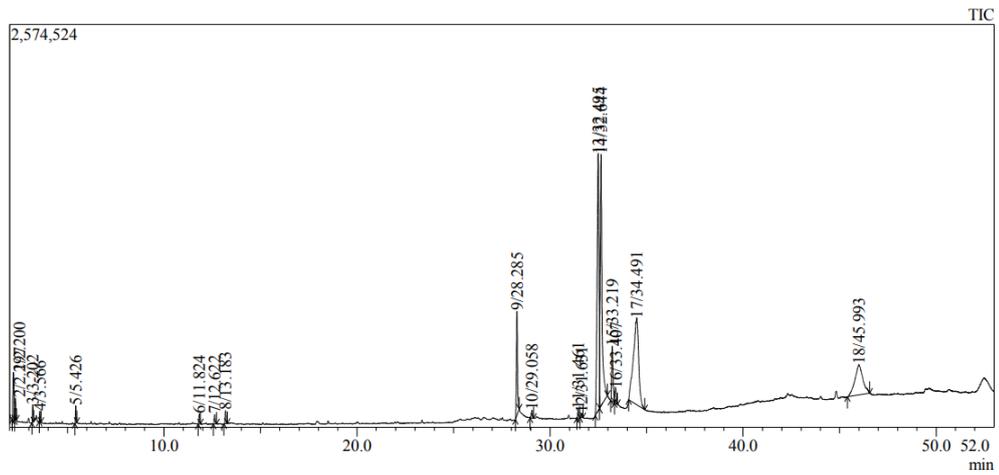


Figura 19: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 75 bar e 40°C.

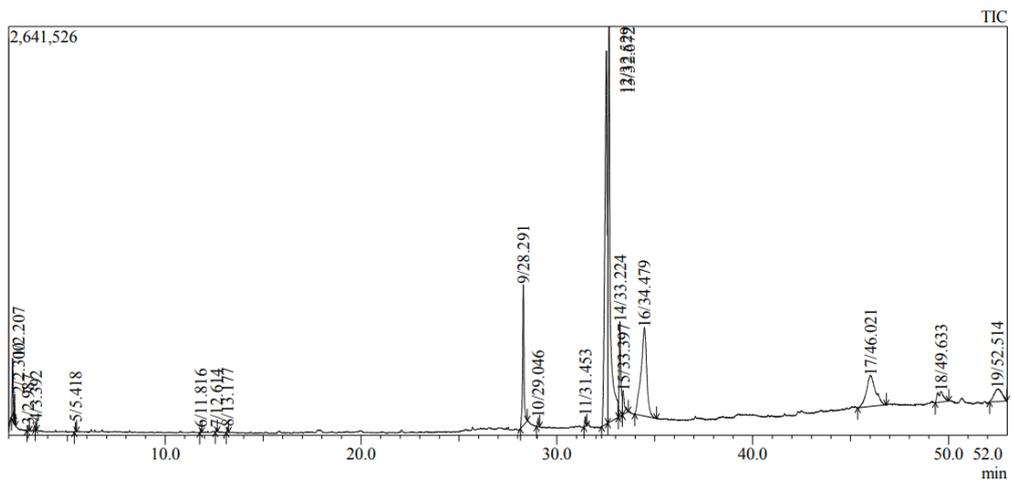


Figura 20: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 75 bar e 40°C.

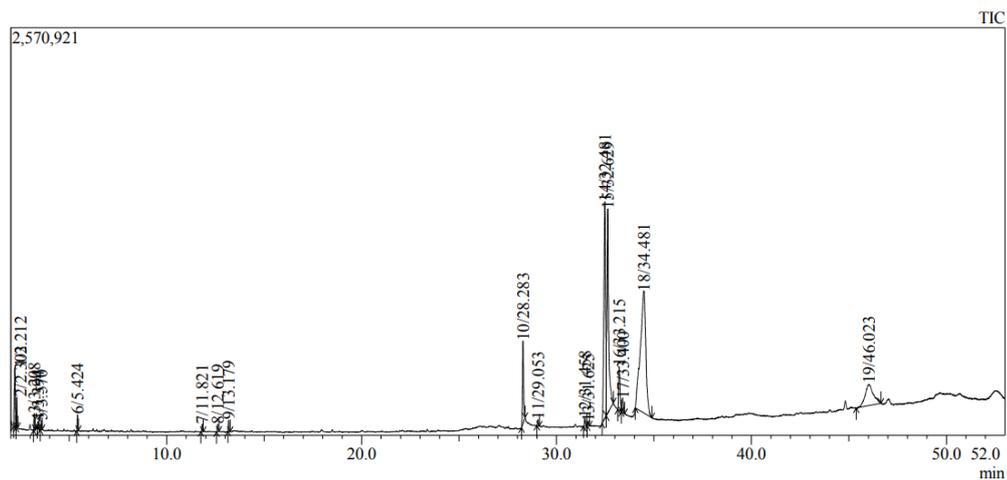
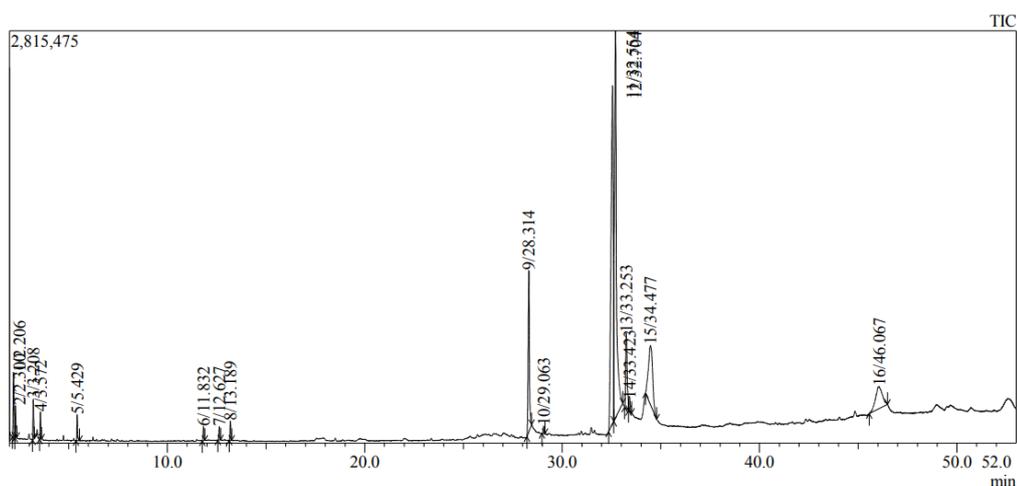


Figura 21: Cromatograma da amostra de óleo de semente de abóbora obtido por PLE a 75 bar e 40°C.



A partir da análise visual dos cromatogramas é possível verificar que os picos cromatográficos, em sua maioria, aparecem em posições semelhantes para todas as amostras, em relação ao tempo de retenção (eixo x), sendo os maiores picos encontrados entre 30 e 40 minutos de retenção. Isso ocorre devido à semelhança da composição das amostras de óleo.

6. CONCLUSÃO

O óleo de semente de abóbora possui em sua composição diversos compostos bioativos que trazem benefícios à saúde. Essas características conferem ao óleo uma interessante aplicabilidade na indústria alimentícia para o enriquecimento de alimentos, principalmente

devido ao seu potencial antioxidante. Além disso, a extração do óleo das sementes de abóbora é uma boa alternativa de uso, visto que as sementes, muitas vezes são tratadas como subproduto do processamento do fruto.

Dentre os métodos aplicados para a extração do óleo, o método de *Goldfish* apresentou maior rendimento de extração do óleo em comparação com o método PLE. Em relação ao perfil químico dos extratos obtidos nas diferentes metodologias de extração foi observado grande semelhança nos compostos identificados. No entanto, a extração *Goldfish* foi mais eficiente na extração de alguns compostos de interesse (ácido linoleico, palmítico, cis-6-octadecenóico e ascórbico).

Analisando as variáveis de processo da extração por líquido pressurizado, temperatura e pressão de operação, conclui-se que a temperatura tem efeito positivo sobre o rendimento da extração, ao contrário da pressão de operação, que apresentou efeito negativo. Para o método *Goldfish*, onde foi avaliado o tempo de extração, verificou-se que tempos maiores de extração não promoveram maiores rendimentos de óleo, inferindo-se assim, que a maior parte do óleo das sementes é extraída na primeira hora de extração.

Portanto, através dos resultados obtidos pode-se dizer que a extração pelo método de *Goldfish* é mais eficiente em relação a extração por líquido pressurizado, tanto em termos de rendimento quanto em relação ao perfil químico dos óleos. Porém, o primeiro método requer maior tempo e energia para a extração, além de um alto consumo de água para a condensação do solvente. Em contrapartida a extração PLE é mais rápida e requer menor gasto energético.

Desta forma, conclui-se que estes métodos de extração são interessantes para uso em escala laboratorial, para fins de estudos. Para extração de óleo de semente de abóbora em escala industrial, sugere-se a avaliação de outros métodos de extração que sejam de fácil implementação e que apresentem boa eficiência.

7. REFERÊNCIAS

ABD-ELNOOR, E. V. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of pumpkin seeds powder and oil on alloxan-induced diabetic in rats. **Egyptian Journal of Food Science**, 47, n. 2, p. 255-269, 2019.

AHMED, O. *et al.* Pumpkin Oil-Based Nanostructured Lipid Carrier System for Antiulcer Effect in NSAID-Induced Gastric Ulcer Model in Rats. **International Journal of Nanomedicine**, v. 15, p. 2529, 2020.

ALVAREZ-RIVERA, G.; BUENO, M.; BALLESTEROS-VIVAS, D.; MENDIOLA, J. A. *et al.* Chapter 13 — Pressurized Liquid Extraction. *In*: POOLE, C. F. (Ed.). **Liquid-Phase Extraction**: Elsevier, 2020. P. 375-398.

AMARO, G. B.; HANASHIRO, M. M.; PINHEIRO, J. B.; MADEIRA, N. R. *et al.* Recomendações técnicas para o cultivo de abóboras e morangas. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2021.

AMARO, G. B.; PINHEIRO, J. B.; LOPES, J. F.; DE CARVALHO, A. D. F. *et al.* Recomendações técnicas para o cultivo de abóbora híbrida do tipo japonesa. **Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2014.

AMEER, K.; SHAHBAZ, H. M.; KWON, J.-H. Green Extraction Methods for Polyphenols from Plant Matrices and Their Byproducts: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 16, n. 2, p. 295-315, 2017/03/01 2017. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12253>.

AMIN, M. Z.; ISLAM, T.; MOSTOFA, F.; UDDIN, M. J. *et al.* Comparative assessment of the physicochemical and biochemical properties of native and hybrid varieties of pumpkin seed and seed oil (*Cucurbita maxima* Linn.). **Heliyon**, 5, n. 12, p. e02994, 2019/12/01/ 2019.

AMIN, M. Z.; RITY, T. I.; UDDIN, M. R.; RAHMAN, M. M. *et al.* A comparative assessment of anti-inflammatory, anti-oxidant and anti-bacterial activities of hybrid and indigenous varieties of pumpkin (*Cucurbita maxima* Linn.) seed oil. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, 28, p. 101767, 2020/09/01/ 2020.

ANDRADE, T. A.; HAMERSKI, F.; LÓPEZ FETZER, D. E.; RODA-SERRAT, M. C. *et al.* Ultrasound-assisted pressurized liquid extraction of anthocyanins from *Aronia melanocarpa* pomace. **Separation and Purification Technology**, 276, p. 119290, 2021/12/01/ 2021.

ARAÚJO, P. A. C. **Estudo da cinética de secagem de resíduo industrial de camu-camu (*Myrciaria dubia*), caracterização e extração por líquido pressurizado de seus compostos ativos**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74132/tde-22102019-152424/publico/ME6876777COR.pdf><https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74132/tde-22102019-152424/publico/ME6876777COR.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023.

BARRALES, F. M.; REZENDE, C. A.; MARTÍNEZ, J. Supercritical CO₂ extraction of passion fruit (*Passiflora edulis* sp.) seed oil assisted by ultrasound. **The Journal of Supercritical Fluids**, 104, p. 183-192, 2015.

BELANDRIA, V.; APARECIDA DE OLIVEIRA, P. M.; CHARTIER, A.; RABI, J. A. *et al.* Pressurized-fluid extraction of cafestol and kahweol diterpenes from green coffee. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 37, p. 145-152, 2016/10/01/ 2016.

BHARTI, S. K.; KUMAR, A.; SHARMA, N. K.; PRAKASH, O. *et al.* Tocopherol from seeds of *Cucurbita pepo* against diabetes: Validation by in vivo experiments supported by computational docking. **Journal of the Formosan Medical Association**, 112, n. 11, p. 676-690, 2013.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT -- Food Science and Technology**, 28, n. 1, p. 25-30, 1995/01/01/ 1995.

CAN-CAUICH, C. A.; SAURI-DUCH, E.; MOO-HUCHIN, V. M.; BETANCUR-ANCONA, D. *et al.* Effect of extraction method and specie on the content of bioactive compounds and antioxidant activity of pumpkin oil from Yucatan, Mexico. **Food chemistry**, 285, p. 186-193, 2019.

CARABIAS-MARTÍNEZ, R.; RODRÍGUEZ-GONZALO, E.; REVILLA-RUIZ, P.; HERNÁNDEZ-MÉNDEZ, J. Pressurized liquid extraction in the analysis of food and biological samples. **J Chromatogr A**, 1089, n. 1-2, p. 1-17, Sep 30 2005.

CARDOSO, L. C. D.; CAVALCANTE, R. M.; DE MAGALHÃES, S. P.; FIGUEIREDO, E. D. S. Extração e caracterização do óleo da semente de maracujá. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, 1, n. 3, p. 172-177, 2015.

CARVALHO, J. C. D. Avaliação da composição do óleo de semente de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) e moranga (*Cucurbita maxima* Duch.). 2013.

CERQUEIRA, P. M. D.; FREITAS, M. C. J.; PUMAR, M.; SANTANGELO, S. B. Efeito da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima* Duch., L.) sobre o metabolismo glicídico e lipídico em ratos. **Revista de Nutrição**, 21, p. 129-136, 2008.

CHEN, G.; SUN, F.; WANG, S.; WANG, W. *et al.* Enhanced extraction of essential oil from Cinnamomum cassia bark by ultrasound assisted hydrodistillation. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, 36, p. 38-46, 2021/08/01/ 2021.

CORRÊA, A. P. A. *et al.* PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO ÓLEO DE SEMENTE DE ABÓBORAS CRIOULAS (*Cucurbita máxima* L.). **III Congresso Brasileiro de Processamento de Frutas e Hortaliças**, Ilhéus - Bahia, v. 25, 15 set. 2013. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972995/1/cd2293871RV.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2023.

CORRÊA, A. P. C.; DA SILVA, S. D. S.; D'AVILA, R.; KROLOW, A. C. R. *et al.* Perfil de ácidos graxos do óleo de semente de abóboras crioulas (*Cucurbita máxima* L.). 2013.

CUCO, R. P.; MASSA, T. B.; POSTAUE, N.; CARDOZO-FILHO, L. *et al.* Oil extraction from structured bed of pumpkin seeds and peel using compressed propane as solvent. **The Journal of Supercritical Fluids**, 152, p. 104568, 2019.

DATTA, S.; SINHA, B. K.; BHATTACHARJEE, S.; SEAL, T. Nutritional composition, mineral content, antioxidant activity and quantitative estimation of water soluble vitamins and phenolics by RP-HPLC in some lesser used wild edible plants. **Heliyon**, 5, n. 3, p. e01431, 2019.

DIAS, A. L. B.; DE AGUIAR, A. C.; ROSTAGNO, M. A. Extraction of natural products using supercritical fluids and pressurized liquids assisted by ultrasound: Current status and trends. **Ultrasonics Sonochemistry**, 74, p. 105584, 2021/06/01/ 2021.

DOTTO, J. M.; CHACHA, J. S. The potential of pumpkin seeds as a functional food ingredient: A review. **Scientific African**, 10, p. e00575, 2020/11/01/ 2020.

FERREIRA, M. Abóboras e morangas: das Américas para o mundo. **Origem e evolução de plantas cultivadas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica**, p. 59-88, 2008.

HAN, L. H. Determinação de compostos bioativos de casca de moranga cabotiá in natura e desidratada. 2019.

HEIDEN, G.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S. Chave para a identificação das espécies de abóboras (*Cucurbita*, *Cucurbitaceae*) cultivadas no Brasil. 2007.

HUSSAIN, A.; KAUSAR, T.; DIN, A.; MURTAZA, M. A. *et al.* Determination of total phenolic, flavonoid, carotenoid, and mineral contents in peel, flesh, and seeds of pumpkin (*Cucurbita maxima*). **Journal of Food Processing and Preservation**, 45, n. 6, p. e15542, 2021.

KULCZYŃSKI, B. G.-M. A. T. P. O. S. M. A. O. B. C. I. C. P. L. A. C. M. P. C. **Molecules**, v.24, n. 16, DOI: 10.3390/molecules24162945.

KULCZYŃSKI, B.; GRAMZA-MICHAŁOWSKA, A.; KRÓLCZYK, J. B. Optimization of extraction conditions for the antioxidant potential of different pumpkin varieties (*Cucurbita maxima*). **Sustainability**, 12, n. 4, p. 1305, 2020.

LOURENÇO, T.R. **Características centesimal e microbiológica de bolo preparado com vinho tinto**. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

LUQUE DE CASTRO, M. D.; GARCÍA-AYUSO, L. E. Soxhlet extraction of solid materials: an outdated technique with a promising innovative future. **Analytica Chimica Acta**, 369, n. 1, p. 1-10, 1998/08/10/ 1998.

LURIE, I. S., *et al.* **Capillary electrophoresis analysis of isomeric truxillines and other high molecular 91 weight impurities in illicit cocaine**. **Electrophoresis**, v. 19, p. 51–56, 1998. DOI: 10.1002/elps.1150190110.

MAJID, A. K.; AHMED, Z.; KHAN, R. Effect of pumpkin seed oil on cholesterol fractions and systolic/diastolic blood pressure. **Food Science and Technology**, 40, p. 769-777, 2020.

MARTINS, C. M.; GUEDES, J. A. C.; DE BRITO, E. S.; FERREIRA, S. R. S. Valorization of tamarind seeds using high-pressure extraction methods to obtain rich fractions in fatty acid and phenolic compounds. **The Journal of Supercritical Fluids**, 183, p. 105556, 2022/04/01/ 2022.

MEDEIROS, A. R. D. Estudo da composição química por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (CG/EM) do óleo fixo das sementes de abóbora, cuité, jaca, melancia e da casa de cuité. 2015.

MELLO, B.T.F. *et al.* Extração por líquido pressurizado do óleo de crambe: rendimento em óleo, teores de compostos antioxidantes (fitosteróis e tocoferóis) e estabilidade térmica. **Congresso Brasileiro de Engenharia Química**: Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Química, Maringá-SP, 2018. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/dbee/e73a7a0c1cc71ffc26b492a92bef6b4955d7.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2023

MEN, X.; CHOI, S.-I.; HAN, X.; KWON, H.-Y. *et al.* Physicochemical, nutritional and functional properties of *Cucurbita moschata*. **Food Science and Biotechnology**, 30, n. 2, p. 171-183, 2021/02/01 2021.

MITRA, P.; RAMASWAMY, H. S.; CHANG, K. S. Pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil extraction using supercritical carbon dioxide and physicochemical properties of the oil. **Journal of Food Engineering**, 95, n. 1, p. 208-213, 2009/11/01/ 2009.

MONDELLO, L. **Comprehensive Chromatography in Combination with Mass Spectrometry**. John Wiley & Sons: New Jersey, 2011.

MONFREDA, M., *et al.* **Fast profiling of cocaine seizures by FTIR spectroscopy and GC-MS analysis of minor alkaloids and residual solvents**. *Science & Justice*, v. 269, p. 42-49, 2015.

MONTESANO, D.; BLASI, F.; SIMONETTI, M. S.; SANTINI, A. *et al.* Chemical and Nutritional Characterization of Seed Oil from *Cucurbita maxima* L. (var. Berrettina) Pumpkin. **Foods**, v.7, n. 3, DOI: 10.3390/foods7030030.

MORRISON, M. C.; MULDER, P.; STAVRO, P. M.; SUÁREZ, M. *et al.* Replacement of Dietary Saturated Fat by PUFA-Rich Pumpkin Seed Oil Attenuates Non-Alcoholic Fatty Liver Disease and Atherosclerosis Development, with Additional Health Effects of Virgin over Refined Oil. **PloS One**, 10, n. 9, p. e0139196, 2015.

MURKOVIC, M.; PIIRONEN, V.; LAMPI, A. M.; KRAUSHOFER, T. *et al.* Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 1: non-volatile compounds). **Food Chemistry**, 84, n. 3, p. 359-365, 2004/02/01/ 2004.

MUSTAFA, A.; TURNER, C. Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review. **Analytica Chimica Acta**, 703, n. 1, p. 8-18, 2011/10/03/ 2011.

NAMENI, R. O.; WOUMBO, C. Y.; KENGNE, A. P. N.; ZOKOU, R. *et al.* Effects of stifled cooking on the quality and lipid-lowering potential of oils extracted from two species of pumpkin seeds (*Citrullus lanatus* and *Cucumeropsis mannii*). **Pharmacology**, 4, n. 1, p. 47, 2021.

NASCIMENTO, R. F. *et al.* **Cromatografia gasosa: aspectos teóricos e práticos**. E-book. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2018. 334 p. (Estudos da Pós-Graduação). Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/39260>. Acesso em: 28 jun. 2023.

NAWIRSKA-OLSZAŃSKA, A.; KITA, A.; BIESIADA, A.; SOKÓŁ-ŁĘTOWSKA, A. *et al.* Characteristics of antioxidant activity and composition of pumpkin seed oils in 12 cultivars. **Food chemistry**, 139, n. 1-4, p. 155-161, 2013.

NEĐERAL, S.; ŠKEVIN, D.; KRALJIĆ, K.; OBRANOVIĆ, M. *et al.* Chemical composition and oxidative stability of roasted and cold pressed pumpkin seed oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 89, n. 9, p. 1763-1770, 2012.

NISHIMURA, M.; OHKAWARA, T.; SATO, H.; TAKEDA, H. *et al.* Pumpkin seed oil extracted from *Cucurbita maxima* improves urinary disorder in human overactive bladder. **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, 4, n. 1, p. 72-74, 2014.

NKOSI, C. Z.; OPOKU, A. R.; TERBLANCHE, S. E. Antioxidative effects of pumpkin seed (*Cucurbita pepo*) protein isolate in CCl₄-Induced liver injury in low-protein fed rats. **Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives**, 20, n. 11, p. 935-940, 2006.

ONG, E. S.; CHEONG, J. S.; GOH, D. Pressurized hot water extraction of bioactive or marker compounds in botanicals and medicinal plant materials. **J Chromatogr A**, 1112, n. 1-2, p. 92-102, Apr 21 2006.

ORDOÑEZ LOZADA, M. I. Sistemas nanoemulsionados à base de óleo de semente de abóbora: caracterização e estabilidade físicoquímica. 2020.

ORDOÑEZ LOZADA, M. I.; RODRIGUES MALDONADE, I.; BOBROWSKI RODRIGUES, D.; SILVA SANTOS, D. *et al.* Physicochemical characterization and nano-emulsification of three species of pumpkin seed oils with focus on their physical stability. **Food Chemistry**, 343, p. 128512, 2021/05/01/ 2021.

PENTEADO, J. C. P.; MAGALHÃES, D.; MASINI, J. C. **Experimento didático sobre cromatografia gasosa: uma abordagem analítica e ambiental**. Química Nova, São Paulo, v. 31, ed. 8, p. 2190-2193, 3 out. 2008. DOI <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000800047>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/q8YLSmjKpcvVhrgDDbCZKrB/#>. Acesso em: 28 jun. 2023.

POTOČNIK, T.; OGRINC, N.; POTOČNIK, D.; KOŠIR, I. J. Fatty acid composition and $\delta^{13}\text{C}$ isotopic ratio characterisation of pumpkin seed oil. **Journal of Food Composition and Analysis**, 53, p. 85-90, 2016.

QUINETE, N. S. Extração de poluentes organoclorados persistentes em fragmentos remanescentes da mata atlântica, RJ: comparação de métodos. 2005.

RAJESH, Y.; KHAN, N. M.; RAZIQ SHAIKH, A.; MANE, V. S. *et al.* Investigation of geranium oil extraction performance by using soxhlet extraction. **Materials Today: Proceedings**, 2022/08/02/ 2022.

REZIG, L.; CHOUAIBI, M.; MSAADA, K.; HAMDI, S. Chemical composition and profile characterisation of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil. **Industrial Crops and Products**, 37, n. 1, p. 82-87, 2012/05/01/ 2012.

RUFINO, M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; DE MORAIS, S. M. *et al.* Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

SAADATI, N.; ABDULLAH, M. P.; ZAKARIA, Z.; SANY, S. B. T. *et al.* Limit of detection and limit of quantification development procedures for organochlorine pesticides analysis in water and sediment matrices. **Chemistry Central Journal**, 7, n. 1, p. 1-10, 2013.

SAINI, R. K.; KEUM, Y.-S. Tocopherols and tocotrienols in plants and their products: A review on methods of extraction, chromatographic separation, and detection. **Food Research International**, 82, p. 59-70, 2016/04/01/ 2016.

SANTOS, K. A.; DE AGUIAR, C. M.; DA SILVA, E. A.; DA SILVA, C. Evaluation of favela seed oil extraction with alternative solvents and pressurized-liquid ethanol. **The Journal of Supercritical Fluids**, 169, p. 105125, 2021/02/01/ 2021.

SCHNEIDER, F. H. Zur extraktiven Lipid-Freisetzung aus pflanzlichen Zellen. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, 82, n. 1, p. 16-23, 1980.

SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; SANTOS, M. R.; MASCARENHAS, M. H. Cultura da moranga híbrida ou abóbora Tetsukabuto. Belo Horizonte: EPAMIG. 58p. **Boletim técnico**, 92, 2009.

SILVA, G. C. R.; SOUZA, G. J. R. Caracterização química e perfil de ácidos graxos do óleo da semente de abóbora cabotiá cabotia (*Cucurbita máxima máxima x Cucurbita moschata*) em função do tipo de extração. **Brazilian Journal of Food Research**, 11, n. 1, p. 82-94, 2020.

SOUSA, V. **Extração e caracterização de óleo de sementes de frutos**. 2012. Tese de Doutorado.

TÜRKMEN, Ö.; ÖZCAN, M. M.; SEYMEN, M.; PAKSOY, M. *et al.* Physico-chemical properties and fatty acid compositions of some edible pumpkin seed genotypes and oils. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies**, 23, n. 4, p. 229-235, 2017.

WITT, E. P. **Avaliação da estabilidade oxidativa do biodiesel (B100) comercial na presença de antioxidantes naturais da casca de romã**. Toledo: Unioeste, 2018. 139 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2018.