

ÓLEO DE SEMENTES DE CRAMBE TRATADAS COM DIFERENTES INDUTORES DE RESISTÊNCIA: RENDIMENTO EM ÓLEO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

Janaina Marques da Silva¹, Djéssica Tatiane Raspe², Natália Stevanato³, Camila da Silva⁴

¹Mestre em Sustentabilidade, Universidade Estadual de Maringá - UEM. janainam086@gmail.com

²Pós-graduanda do Curso de Ciência de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá - UEM.
djessicaraspe@hotmail.com

³Pós-graduanda do Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá - UEM.
natalia.stevanato@gmail.com

⁴Orientadora, Doutora em Engenharia Química, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá - UEM.
camiladasilva.eq@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a extração e caracterização química do óleo de crambe, que durante seu cultivo foi tratado com indutores de resistência, com o intuito de promover maior eficiência no sistema de defesa das plantas. Para este fim, os indutores Agromos® e Ecolife® foram aplicados nas doses de 0,5 e 1,0 L ha⁻¹ durante o cultivo do crambe. O óleo das sementes de crambe foi obtido pela extração por Soxhlet utilizando n-hexano como solvente. Os óleos obtidos foram caracterizados em relação à composição em ácidos graxos, teores de fitosteróis e tocoferóis e estabilidade oxidativa. O óleo obtido de sementes sem aplicação de indutores (testemunha) também foi obtido e caracterizado. As sementes de crambe que receberam o tratamento com os indutores de resistência Agromos® apresentaram maior rendimento em óleo, quando comparadas à testemunha. Os valores obtidos para os ácidos graxos presentes nos óleos extraídos das sementes tratadas com Agromos® e Ecolife® foram diferentes em relação à testemunha, somente para os ácidos palmítico, linoleico, araquídico e linolênico. Com a aplicação do indutor Ecolife® foi possível obter óleo de crambe com maiores teores de fitosteróis, no entanto, os teores de tocoferóis foram pouco influenciados perante os diferentes tratamentos realizados. A estabilidade oxidativa dos óleos tratados com indutores de resistências foi superior à testemunha.

PALAVRAS-CHAVE: Ácidos graxos; Agromos®; Ecolife®; Fitosteróis.

1 INTRODUÇÃO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) pertence à família das crucíferas, teve sua origem na região do mediterrâneo e apresentou fácil adaptação em diferentes condições climáticas (SOUZA et al., 2009). A produção em escala comercial dessas sementes aumentou após sua introdução nos Estados Unidos a partir dos anos 80, não houve maior expansão devido à competição por espaço com a soja e milho (PITOL et al., 2010).

Problemas ambientais da atualidade têm incentivado a busca por novas fontes de energia, entre elas estão a solar, eólica e os biocombustíveis (NASCIMENTO et al., 2006). A produção de biodiesel enfrenta problemas com o custo da matéria-prima, já que o mesmo corresponde cerca de 85% do custo final, isso ressalta a importância de matéria-prima que apresente menor custo e maior produtividade (GUIRRA, 2009).

O óleo do crambe quando empregado na produção de biodiesel e lubrificantes industriais apresentou resistência à degradação e alta estabilidade oxidativa, possibilitando o armazenamento por longos períodos (BISPO et al., 2010). Pode ser utilizado também como lubrificante industrial, inibidor de corrosão e como ingrediente na fabricação de borracha sintética, além de servir para a fabricação de filmes plásticos, plastificantes, nylon, adesivos, antiestático e isolamento elétrico (OPLINGER et al., 2000).

O ciclo do crambe dura em torno de 90 dias, sendo adaptado ao período de inverno, durante seu florescimento necessita de um solo com boa fertilidade e úmido, por possuir raízes profundas tolera geadas e períodos de seca (ROSCOE et al., 2010).

Segundo Knights (2005) o crambe responde aos fertilizantes de forma semelhante aos pequenos grãos, isso ajuda na semeadura já que ainda não possui recomendações

específicas para sua sementeira. A adubação com os nutrientes necessários para a boa formação das sementes se faz necessária devido à deficiência dos solos brasileiros (MALAVOLTA, 1989).

Com a difusão da sementeira do crambe, há uma preocupação em relação às doenças causadas nessas plantas, ocorre com maior frequência quando o clima está desfavorável à cultura e favorável ao patógeno, ou seja, períodos em que há maior precipitação, causando o aumento da umidade do ambiente e solo (PITOL et al., 2010).

Como alternativas de defesa surgem os indutores de resistência que aumentam os níveis de resistência da planta, ativando uma série de substâncias que evitam ou atrasam o ataque de patógenos por seus próprios mecanismos de defesa (DURRANT; DONG, 2004).

O indutor de resistência além de promover a defesa da planta contra os ataques de patógenos, em alguns casos implementam a produção, atraindo a atenção de produtores e pesquisadores.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo quantificar o teor de óleo em sementes de crambe tratadas com doses de indutores de resistência (Agromos® e Ecolife®), bem como determinar a composição química dos óleos obtidos (composição em ácidos graxos, teores de fitosteróis e tocoferóis e estabilidade oxidativa). Os dados obtidos foram comparados com sementes obtidas sem aplicação dos indutores (testemunha).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Foram utilizadas sementes de crambe (*Crambe abyssinica* H.) da variedade FMS Brilhante (Fundação Mato Grosso do Sul) para a sementeira. As plantas foram submetidas ao tratamento com os indutores de resistência: Agromos® e Ecolife. Para determinação do teor de óleo nas sementes utilizou *n*-hexano (Synth) como solvente. Na caracterização do óleo quanto à composição em ácidos graxos foi utilizado hidróxido de potássio (Synth), metanol (Panreac), ácido sulfúrico (Anidrol), heptano (Neon) e mistura de ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) de C8 a C24 (Supelco). O teor de fitosteróis foi determinado utilizando heptano (Neon), N,O-Bis(trimetilsilil) trifluoroacetamida com 1% de trimetilclorosilano (BSTFA/TMCS, Sigma-Aldrich) e 5 α -colestano (Sigma Aldrich, >99,9%). Para a determinação do teor de tocoferóis foi utilizado 2-Propanol (Panreac), água ultrapura (18 M Ω .cm, Simplicity® Water Purification System) e α -, γ -, δ -tocoperol (Sigma-Aldrich, >99,9%).

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Obtenção das sementes

O experimento foi conduzido a campo, na Fazenda da Universidade Estadual de Maringá na Cidade de Umuarama – Paraná (latitude de 23°47'33"S, longitude de 53°15'26"W e altitude de 402 m). O solo do local é Latossolo Vermelho distrófico típico (Embrapa, 2018).

A sementeira foi realizada em agosto de 2018, com espaçamento de 0,25 m entre linhas e população de plantas de 750 mil plantas hectare⁻¹. As parcelas foram constituídas por cinco linhas com quatro metros de comprimento, considerando como área útil as três linhas centrais, desprezando-se 0,5 m de ambas as extremidades.

Foi realizada adubação na sementeira do crambe, com 150 kg ha⁻¹ do formulado 4-20-20 (% de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente) segundo especificações de Pitol et al. (2010). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com

quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pelas doses de 0,5 e 1,0 L ha⁻¹ de Agromos® e Ecolife®, via foliar. A amostra da testemunha foi obtida sem aplicação de produto. Para controle de plantas daninhas foram realizadas capinas manuais e para o controle de pragas foi realizada aplicação do inseticida.

Após o término do cultivo do crambe, foi realizada colheita manual, foram retiradas impurezas provenientes da colheita e deixando assim os grãos limpos para posteriores pesagens.

2.2.2 Extração do óleo

As extrações foram realizadas pelo método de Soxhlet, em triplicata, conforme recomendado por Instituto Adolfo Lutz (2005), em que foram utilizados aproximadamente 3 g de amostra em cada experimento, e 150 mL de *n*-hexano como solvente, durante 480 minutos. A temperatura de extração foi mantida constante acima da temperatura de refluxo do solvente (68 °C) utilizando manta de aquecimento elétrico (Fisatom, 52). Após o período de extração, o solvente presente nos extratos foi removido em estufa até peso constante. O rendimento em óleo foi determinado pela razão entre a massa de óleo obtida e massa de semente utilizada.

2.2.3 Caracterização do óleo

2.2.3.1 Composição em ácidos graxos

Para determinação da composição em ácidos graxos, as amostras de óleo (60 mg) diluídas em 2 mL de solução metanólica de KOH (2 mol L⁻¹) foram submetidas a agitação vigorosa durante 5 min. O tubo de ensaio contendo a mistura foi colocado em banho-maria (Nova Ética, modelo 314/8) a 100 °C por 5 min. Posteriormente, foi adicionado 5 mL de solução metanólica de H₂SO₄ (5%, v/v) e a mistura foi aquecida novamente a 100 °C durante 15 min. Após este período, 2 mL de heptano foi adicionado ao tubo de ensaio, o qual permaneceu em repouso durante 24 h. A fase superior foi coletada e os FAME foram analisados em um cromatógrafo a gás (Shimadzu, GC-2010 Plus) equipado com um detector de ionização de chama (DIC) e coluna capilar SH-Rtx-Wax™ (Shimadzu, 30 m × 0,32 mm × 0,25 µm), nas condições cromatográficas descritas por Trentini et al. (2018). A identificação dos ácidos graxos foi realizada comparando os tempos de retenção dos picos das amostras injetadas e da mistura de padrões (C8 a C24). Para a quantificação, a porcentagem do FAME individual foi realizada em relação à área total dos picos do cromatograma.

2.2.3.2 Fitosteróis

O óleo (40 mg) foi dissolvido em 40 µL de BSTFA/TMCS e a reação de silição prosseguiu à temperatura de 60 °C em estufa (Marconi, modelo MA033/1), durante 30 min. Foi adicionado 80 µL de padrão 5α-colestano (5 mg mL⁻¹) ao óleo derivatizado e em seguida a solução foi diluída em heptano até completar 1 mL. Os compostos siliados foram analisados em cromatógrafo a gás, acoplado à espectrometria de massas (Shimadzu, CGMS-QP2010 SE) e equipado com coluna capilar SH-Rtx-5MS™ (Shimadzu, 30 m × 0,25 mm × 0,25 µm). As condições de análise cromatográfica foram descritas anteriormente por Stevanato e Silva (2019). A identificação foi realizada a partir da pesquisa de similaridade dos dados espectrais de massa disponíveis no banco de dados do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (versão 2014).

2.2.3.3 Tocoferóis

As amostras de óleo foram diluídas em 2-propanol até a concentração de 40 mg mL⁻¹, agitadas vigorosamente e filtradas com um filtro de seringa (45 µm). O α-, γ- e δ-tocoferol foram identificados e quantificados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), utilizando o equipamento descrito por Stevanato et al. (2020). A coluna C-18 (Shimadzu, Shim-pack CLC-ODS (M)™, 25 cm × 4,6 mm × 5 µm) foi utilizada para a eluição dos compostos. O sistema de eluição isocrático consistiu em uma mistura metanol: água (96:4, v/v), bombeada a fluxo de 1 mL min⁻¹. O comprimento de onda de detecção foi definido em 298 nm e a coluna foi mantida a temperatura ambiente. Para a quantificação, padrões externos de α-, γ- e δ-tocoferol foram injetados em concentrações que variam de 0,5 a 12 mg mL⁻¹.

2.2.3.4 Estabilidade oxidativa

A estabilidade oxidativa foi determinada utilizando 893 Professional Biodiesel Rancimat (Metrohm™). As amostras (2,5 g) foram transferidas para os vasos de reação e colocadas no bloco de aquecimento a 130 °C, onde foram submetidas a uma taxa de fluxo de ar de 20 L h⁻¹. Os gases de saídas foram coletados em um vaso de medição de condutividade elétrica contendo 50 mL de água deionizada (25 °C) como solução de absorção. O tempo de indução é definido como tempo antes da oxidação acelerada e foi determinado automaticamente através da segunda derivada da curva de condutividade.

2.2.4 Análise estatística

As análises foram conduzidas em triplicata sendo os resultados expressos pela média seguido do desvio padrão. A comparação entre as médias foi realizada utilizando o teste de Tukey com nível de significância de 95% sendo os dados de ANOVA gerados pelo software Excel® 2007.

3 RESULTADOS

3.1 TEOR DE ÓLEO

A Tabela 1 apresenta o teor de óleo obtido perante os diferentes tratamentos realizados nas sementes de crambe com indutores de resistência. O teor médio máximo de óleo nas sementes foi de ~23,5% (Tabela 1) teor abaixo do encontrado por Mello et al. (2019) e Vazquez et al. (2014), que mencionam 38,83% e 30,22%, respectivamente. Em pesquisas realizadas pela Fundação Mato Grosso do Sul (2007) o teor de óleo variou entre 34% a 38%, já Reginato et al. (2012) obteve o valor máximo de 34,0%.

A diferença apresentada no teor de óleo nas sementes pode ter sido influenciada pelos métodos de extração os quais utilizaram diferentes solventes, temperaturas e tempos de extração. Fatores climáticos também podem explicar estas diferenças, pois durante a semeadura houve período de seca e subsequente de chuvas provocando o estresse hídrico na planta. O crambe necessita de alta umidade de solo para germinar e se estabelecer, e precipitação entre 150 a 200 mm até o florescimento pleno de acordo com Pitol et al. (2010).

De acordo com dados fornecidos pelo IAPAR (2018), nos primeiros meses da semeadura do crambe a precipitação variou de 54,3 a 0,0 mm, chegando a 231,3 mm em seu florescimento, valor menos do que o indicado para a cultura.

Tabela 1: Teor de óleo nas sementes de crambe cultivadas com doses dos indutores de resistência Agromos® e Ecolife®

Tratamento	Teor de óleo (%)
Testemunha	19,83 ± 0,68 ^b
Agromos® 0,5 L ha ⁻¹	23,05 ± 0,7 ^a
Agromos® 1,0 L ha ⁻¹	23,49 ± 0,79 ^a
Ecolife® 0,5 L ha ⁻¹	21,34 ± 1,17 ^{ab}
Ecolife® 1,0 L ha ⁻¹	18,92 ± 0,32 ^b

Médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

O teor de óleo presentes nas sementes das plantas que receberam as aplicações com Agromos® foi superior quando comparado à Testemunha e ao Ecolife® 1,0 L ha⁻¹. Roese et al. (2012) apresentam que ao realizar a aplicação do indutor de resistência acibenzolar-S-methy na soja, houve ganho na produtividade de grãos. Frigo et al. (2018) relatam que a aplicação do indutor de resistência Ecolife® na soja não alterou o crescimento da parte aérea e o acúmulo de massa fresca. Há relatos de que quando tratado com Ecolife® o tomateiro apresentou redução significativa do crescimento da parte aérea e acúmulo de massa fresca (CAVALCANTI et al., 2006), hipótese sustentada por Silva et al. (2003) que afirmaram em seu trabalho que o uso de indutores pode não resultar em desenvolvimento eficaz das plantas pelo fato da ativação da resistência promover elevada demanda de energia para síntese de mecanismos de defesa.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO

3.2.1 Ácidos graxos

A composição de ácidos graxos dos óleos obtidos é apresentada na Tabela 2, observando os dados, pode-se constatar que os valores obtidos nos óleos extraídos das sementes que tiveram suas plantas tratadas com Agromos® e Ecolife®, apresentaram diferença em relação à testemunha, somente para os ácidos palmítico, linoleico, araquídico e linolênico.

Analisando os ácidos graxos palmitoleico e erúcido, pode-se notar que, quando a dose do indutor de resistência foi de 0,5 L ha⁻¹ para ambos os tratamentos não houve diferença em relação à testemunha, entretanto, quando utilizou-se a dose de 1,0 L ha⁻¹, a diferença foi notada. O ácido graxo esteárico não apresentou diferença nos tratamentos com Agromos® e Ecolife® na dose de 0,5 L ha⁻¹, enquanto, que quando aplicado na dose de 1,0 L ha⁻¹, diferiu-se da testemunha. O ácido graxo lignocérico foi o único entre os analisados, em que nenhum dos tratamentos diferiu da testemunha.

Os ácidos graxos predominantes no óleo de crambe foram ácidos erúcido (~66,89%), oleico (~14%) e linoléico (~7,27%). O ácido erúcido apresentou valores superiores aos apontados por Oliveira et al. (2013) que obteve de 50 a 60%, enquanto, que o ácido oleico ficou abaixo do descrito por Mello et al. (2019) que ao analisarem o óleo de crambe comercial obteve 19%, por outro lado o percentual apresentado para o ácido linoleico foi de ~7%, havendo semelhança com o descrito no presente trabalho.

Tabela 2: Composição em ácidos graxos do óleo de sementes de crambe cultivadas com diferentes doses dos indutores de resistência Agromos® e Ecolife®

Ácido graxo (%)	Testemunha	Agromos® 0,5 L ha ⁻¹	Agromos® 1,0 L ha ⁻¹	Ecolife® 0,5 L ha ⁻¹	Ecolife® 1,0 L ha ⁻¹
Palmítico	10,80±0,03 ^a	02,16±0,01 ^b	01,58±0,02 ^c	02,17±0,06 ^b	01,63±0,01 ^c
Palmitoleico	00,09±0,01 ^a	0,07±0,00 ^{abc}	0,056±0,01 ^c	0,09±0,00 ^{ab}	0,063±0,00 ^{bc}
Esteárico	00,87±0,03 ^a	00,59±0,02 ^b	00,85±0,07 ^a	00,61±0,01 ^b	00,84±0,00 ^a
Oleico	15,35±0,28 ^a	14,28±0,3 ^b	12,98±0,2 ^c	15,10±0,01 ^{ab}	13,23±0,13 ^c

Linoleico	07,65±0,05 ^a	07,35±0,01 ^b	06,50±0,08 ^c	08,00±0,01 ^d	06,87±0,08 ^e
Araquidico	02,69±0,04 ^a	03,12±0,02 ^{bc}	02,96±0,06 ^c	03,76±0,01 ^d	03,19±0,06 ^b
Linolênico	03,17±0,00 ^a	02,82±0,05 ^b	02,85±0,05 ^b	02,93±0,09 ^b	02,81±0,01 ^b
Erucico	66,93±0,21 ^a	66,28±0,2 ^a	69,68±1,19 ^b	65,92±0,07 ^a	69,65±0,29 ^b
Lignocericico	01,42±0,23 ^a	03,28±0,04 ^a	02,50±1,20 ^a	01,40±0,03 ^a	01,69±0,00 ^a

Médias seguidas pela mesma letra (em cada linha) não apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

Segundo Pipolo et al. (2002) a distribuição de chuva durante o período de enchimento dos grãos e a disponibilidade de nitrogênio para as sementes, são fatores essenciais para compreender as variações dos teores de óleo nas sementes e os níveis de ácidos graxos.

3.2.2 Fitosteróis e tocoferóis

A Tabela 3 apresenta a identificação dos fitosteróis e tocoferóis presentes nos óleos obtidos das sementes de crambe do presente estudo, bem como o teor de cada classe.

Os fitosteróis detectados foram o Estigmasterol, Campesterol e β -sitosterol, sendo o β -sitosterol presente em maior concentração assim como apresentado por Aguiar et al. (2017) e Mello et al. (2019) que apresentaram teor de 151 e 202,79 mg 100g⁻¹, respectivamente. O óleo obtido das sementes tratadas com Agromos® na concentração de 1,0 L ha⁻¹ apresentaram maior teor entre os tratamentos analisados para fitosteróis totais, chegando a 287,16 mg 100 g⁻¹, valor superior ao encontrado por Mello et al. (2019) que obteve aproximadamente 171 mg 100 g⁻¹ utilizando o mesmo método de extração e por Santos et al. (2015) que ao extrair o óleo utilizando propano subcrítico alcançou teores de 180,79 mg 100 g⁻¹.

O γ -tocoferol foi predominante no óleo analisado, chegando 25,82 mg 100 g⁻¹ para testemunha, logo em seguida vem o α -tocoferol com teores de 11,07 mg/100 g para o tratamento Agromos® 1,0 L ha⁻¹. Teores menores foram encontrados para Agromos® 0,5 L ha⁻¹ que apresentou 6,23 e 14,84 mg/100 g para α e γ tocoferol, respectivamente. Os tratamentos apresentaram diferença significativa da testemunha quando analisados pelo teste de tukey, com exceção do Agromos® 1,0 L ha⁻¹.

Os teores de tocoferóis totais variaram de 30,89 a 38,60 mg 100 g⁻¹ de acordo com cada tratamento, valor inferior ao encontrado por Santos (2015) que apresentou 163,41 mg 100 g⁻¹ utilizando método de extração convencional.

Tabela 3: Teor de fitosteróis e tocoferóis do óleo de sementes de crambe cultivadas com diferentes doses dos indutores de resistência Agromos® e Ecolife®

Teor de fitosteróis (mg 100 g ⁻¹)	Tratamento				
	Testemunha	Agromos® 0,5 L ha ⁻¹	Agromos® 1,0 L ha ⁻¹	Ecolife® 0,5 L ha ⁻¹	Ecolife® 1,0 L ha ⁻¹
Stigmasterol	50,12±0,75	59,46±1,93	63,42±1,09	62,88±3,16	61,94±0,80
Campesterol	54,59±0,77	57,40±2,45	62,39±2,16	53,10±0,70	52,70±0,33
β-Sitosterol	134,36±1,45	153,79±5,49	161,35±0,93	129,79±0,81	124,60±0,46
Total	239,07±2,97 ^a	270,65±9,88 ^b	287,16±4,18 ^b	245,77±3,27 ^a	239,24±1,59 ^a
Teor de tocoferóis (mg 100 g ⁻¹)	Tratamento				
	Testemunha	Agromos® 0,5 L ha ⁻¹	Agromos® 1,0 L ha ⁻¹	Ecolife® 0,5 L ha ⁻¹	Ecolife® 1,0 L ha ⁻¹
α	8,36±0,20 ^a	6,23±0,32 ^b	11,07±0,51 ^d	8,41±0,14 ^a	9,89±0,02 ^c
δ	5,82±0,10 ^a	4,23±0,30 ^b	6,28±0,25 ^a	5,96±0,35 ^a	5,36±0,23 ^a
γ	24,41±01,07 ^c	14,97±0,64 ^b	21,24±0,05 ^a	19,48±0,72 ^a	19,08±0,25 ^a
Total	38,60±1,18 ^c	24,44±0,66 ^a	38,59±0,71 ^c	33,86±0,50 ^b	34,33±0,68 ^b

Médias na mesma linha seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa (p<0,05).

3.2.3 Estabilidade oxidativa

Os resultados obtidos através da análise de estabilidade oxidativa, avaliada na temperatura de 130 °C, estão apresentados na Figura 1. A figura mostra uma variação entre as amostras quanto ao tempo de indução, tendo em vista que a testemunha apresentou o tempo de 1h45min, já as amostras que receberam tratamento com indutores de resistência apresentaram um tempo maior, chegando a 4h50min para Agromos® 1,0 L ha⁻¹ e 6h23min para Agromos® 0,5 L ha⁻¹. De acordo Waynick (2005), a velocidade em que ocorre a oxidação está diretamente ligada às instaurações presentes no ácido graxo. O óleo de crambe apresenta grande quantidade de ácidos graxos monoinsaturados, aumentando a estabilidade oxidativa do óleo (AIR, 1997), uma vez que a oxidação aumenta exponencialmente com o número de ligações duplas presentes nas moléculas de ácidos graxos, o óleo de crambe tende a ter alta estabilidade térmica (MELLO et al., 2019).

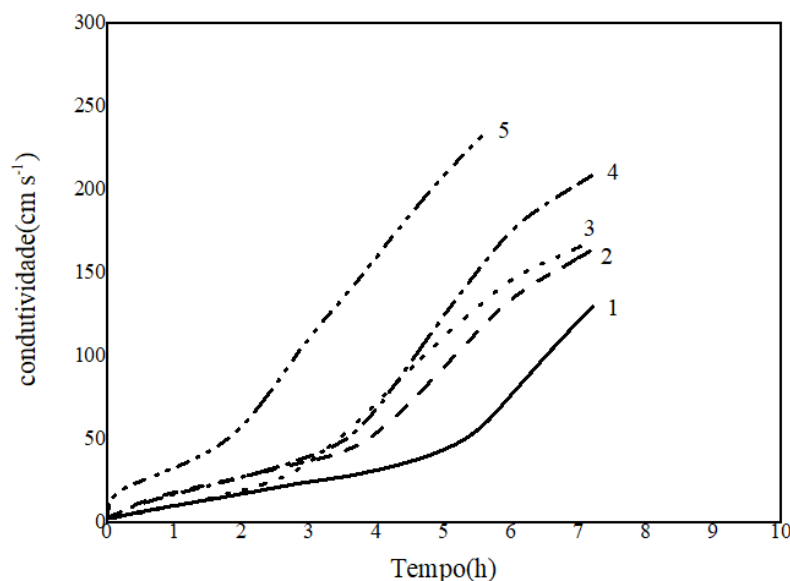


Figura 1: Estabilidade oxidativa do óleo de sementes de crambe cultivadas com diferentes doses dos indutores de resistência Agromos® e Ecolife®. 1 - Agromos® 0,5 L ha⁻¹ (6h 23min); 2 - Agromos® 1,0 L ha⁻¹ (4h 50min); 3 - Ecolife® 0,5 L ha⁻¹ (3h 00); 4 - Ecolife® 1,0 L ha⁻¹ (1h 06min); 5 - testemunha (1h 45min)

Fonte: Dados da pesquisa

A estabilidade oxidativa do óleo de crambe foi reportada por Santos et al. (2015) e Mello et al. (2019) com valores de tempo de indução de 7h e >6h, respectivamente. Os autores justificam a elevada estabilidade deste óleo a concentração de tocoferóis, sendo estes os antioxidantes mais importantes nos óleos vegetais, uma vez que atuam como retardadores de oxidação.

4 CONCLUSÃO

Através das análises realizadas pode-se concluir que as condições climáticas desfavoráveis à sementeira do crambe afetaram diretamente a quantidade de óleo presente nas sementes, já que a precipitação apresentada durante seu ciclo não foi a indicada para a mesma. Em relação aos ácidos graxos os tratamentos com indutores de resistência Ecolife® 0,5 L ha⁻¹ apresentaram maiores valores em relação a Agromos®. Os teores de fitosteróis e tocoferóis encontrados para as amostras contendo indutor de resistência Agromos® 1,0 L ha⁻¹ apresentaram maior teor quando comparado às outras amostras, evidenciando um aumento desses compostos no óleo devido à aplicação do indutor de resistência. Pode-se perceber um aumento na estabilidade oxidativa das amostras que receberam tratamento com indutores de resistência, pois quando comparado à testemunha, o tempo de indução dessas amostras foi superior.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C. M. et al. Total fatty acid content, antioxidant composition, antioxidant activity, and content of oil from crambe seeds cultivated with phosphorus. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 119, n. 10, p. 1-9, 2017.
- AIR. **Crambe abyssinica, a comprehensive program** – Workshop – Part 4 – Utilization. Summary information. AIR-CT 94-2480, 1997. Disponível em: <http://www.biomatnet.org/secure/Air/F709.htm>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- BISPO, A. S. et al. Caracterização de óleos vegetais extraídos mecanicamente sob condições variadas, visando a produção de biodiesel. In: 4º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel; **Anais do 7º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**, Belo Horizonte, MG, 2010.
- CAVALCANTI, F. R. et al. Acibenzolar-S-metil e Ecolife® na indução de respostas de defesa do tomateiro contra a mancha bacteriana (*Xanthomonas vesicatoria*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 372-380, 2006.
- DURRANT, W. E.; DONG, X. Systemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 42, n. 13, p. 185-209, 2004.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção da soja: rotação de culturas**. Londrina, 2004.
- FRIGO, P. et al. Indutores de resistência nos aspectos vegetativos e nutricionais da soja. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 2, p. 109-115, 2018.
- FUNDAÇÃO DO MATO GROSSO DO SUL. Culturas para biodiesel: **Crambe**. 2007. Disponível em: <www.fundacaoms.com.br>. Acesso em: 18 jun. de 2021.
- GUIRRA, F. Crambe: uma fonte promissora. **Revista Biodieselbr**, v. 2, n. 9,

p. 40-47, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, São Paulo, IMESP, p. 117, 2005.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Desvio de precipitação mensal**. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=2421>. Acesso em: 21 jun. de 2021.

KNIGHTS, E. G. **Crambe: A North Dakota case study**. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation, RIRDC Publication No. W02/005, Kingston, p. 25. 2002.

MALAVOLTA, E. **Abc da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, p. 304, 1989.

MELLO, B. T. F. et al. Methyl acetate as solvent in pressurized liquid extraction of crambe seed oil. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 145, n. 9, p. 66-73, 2019.

NASCIMENTO, U. M. et al. Montagem e implantação de usina piloto de baixo custo para produção de biodiesel. **Anais do 1º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel**. Brasília, 2006.

OLIVEIRA, R. C. et al. **Cultura do crambe**. Editora FAG, p. 64, 2013.

OPLINGER, E. S. et al. **Tudo sobre o crambe**, 2009. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/plantas/crambe/crambe-abyssinica>. Acesso em: 05 de jun. 2021.

PIPOLO, A. E. **Influência da temperatura sobre as concentrações de proteína e óleo em sementes de soja (*Glycine max (L.) Merrill*)**. 2002. 128p. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

PITOL, C. et al. **Tecnologia e produção: crambe 2010**. Maracaju, Fundação MS, p. 60, 2010.

REGINATO, P. et al. Desempenho agronômico e qualidade de sementes de crambe em diferentes épocas e profundidades de semeadura. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, n. 1, p. 251, 2012.

ROESE, A. D. et al. **Efeito de indutores abióticos de resistência na severidade da ferrugem-asiática e na produtividade de soja**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados, MS, p. 12, 2012.

ROSCOE, R. et al. **Necessidades climáticas e ciclo cultural**. In: Fundação MS. Tecnologia e produção: crambe 2010. Maracajú, Fundação MS, p. 07-09, 2010.

SANTOS, K. A. et al. Extraction of crambe seed oil using subcritical propane: Kinetics, characterization and modeling, **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 104, n. 12, p. 54–61, 2015.

SILVA, T. R. B. et al. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento do feijoeiro em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 24, n. 5, p.81-87, 2003.

SOUZA, A. D. V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, 2009.

STEVANATO, N.; SILVA, C. Radish seed oil: Ultrasound-assisted extraction using ethanol as solvent and assessment of its potential for ester production. **Industrial Crops and Products**, v. 132, p. 283–291, 2019.

STEVANTO, N. et al. Quality parameters of radish seed oil obtained using compressed propane as solvent. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 159, 104751, 2020.

TRENTINI, C. P. et al. Assessment of continuous catalyst-free production of ethyl esters from grease trap waste. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 136, p. 157-163, 2018.

VAZQUEZ, G.H. et al. Produtividade, qualidade fisiológica e composição química de semente de crambe em diferentes doses de fósforo. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 707-714, 2014.

WAYNICK, J. A. **Characterization of Biodiesel Oxidation and Oxidation Products**. 2005. Disponível em: <http://www.nrel.gov/vehiclesandfuels/npbf/pdfs/39096.pdf>. Acesso em 20 de jun. 2021.