

## Ação antifúngica sobre fitopatógenos e atividade de enzimas relacionadas a defesa em trigo pelo extrato etanólico de própolis

Antifungal action on phytopathogens and activity of defense-related enzymes in wheat by propolis ethanolic extract

Acción antifúngica sobre fitopatógenos y actividad de enzimas relacionadas con la defensa en trigo por extracto etanólico de propóleo

Recebido: 27/10/2025 | Revisado: 17/12/2025 | Aceitado: 18/12/2025 | Publicado: 19/12/2025

**Gislaine Ribeiro Gomes**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0350-9343>

Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil

E-mail: [gislaineribeiro2468@gmail.com](mailto:gislaineribeiro2468@gmail.com)

**Maevi Fornazari**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1185-7619>

Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil

E-mail: [fornazarimaevi267@gmail.com](mailto:fornazarimaevi267@gmail.com)

**Matheus dos Santos Machado**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5937-7206>

Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil

E-mail: [matheusdos santosmachado8@gmail.com](mailto:matheusdos santosmachado8@gmail.com)

**Gilmar Franzener**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3226-2270>

Universidade Federal da Fronteira Sul, Brasil

E-mail: [gilmar.franzener@uffs.edu.br](mailto:gilmar.franzener@uffs.edu.br)

### Resumo

A própolis é amplamente conhecida por seus efeitos antimicrobianos. Diversas pesquisas têm sido direcionadas para compreender efeitos na saúde humana mas ainda são limitadas as informações sobre o uso e mecanismos de ação para controle de doenças em plantas. Esse trabalho teve por objetivo avaliar a ação do extrato etanólico de própolis (EEP) sobre fitopatógenos do trigo e na indução de enzimas relacionadas a defesa nessa cultura. Foi avaliada a atividade antifúngica sobre os fungos causadores de doenças em trigo *Pyricularia grisea* (brusone), *Fusarium graminearum* (giberela), *Bipolaris sorokiniana* (mancha-marrom) e *Puccinia triticina* (ferrugem). Foram avaliadas as concentrações de 0, 0,1, 0,5, 1 e 2% do EEP. Em experimento sob casa de vegetação, foi avaliada a atividade das enzimas peroxidases e polifenoloxidasas em plantas de trigo submetidas a aplicação das concentrações de 0, 0,1, 0,5, 1 e 2% de EEP e nos tempos de 0, 24, 48, 72 e 96 horas após aplicação. O EEP apresentou efeito inibitório dose-dependente sobre todos os fungos testados, embora não houve inibição total do crescimento. Para peroxidases e polifenoloxidasas não houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) pelas diferentes concentrações de EEP e tempos analisados. Os resultados demonstram ação inibitória sobre fitopatógenos do trigo, embora há necessidade de maior compreensão do efeito e mecanismos em condições de campo.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum*, Indução de resistência, Fitossanidade, *Apis mellifera*.

### Abstract

Propolis is widely known for its antimicrobial effects. Several studies have been aimed at understanding its effects on human health, but information on its use and mechanisms of action for controlling plant diseases is still limited. This study aimed to evaluate the action of propolis ethanolic extract (PEE) on wheat phytopathogens and the induction of defense-related enzymes in this crop. The antifungal activity was evaluated against the fungi that cause wheat diseases *Pyricularia grisea* (wheat blast), *Fusarium graminearum* (head blight), *Bipolaris sorokiniana* (spot blotch), and *Puccinia triticina* (rust). Concentrations of 0, 0.1, 0.5, 1, and 2% of PEE were evaluated. In a greenhouse experiment, the activity of peroxidases and polyphenoloxidasas was evaluated in wheat plants subjected to application of concentrations of 0, 0.1, 0.5, 1, and 2% PEE at 0, 24, 48, 72, and 96 hours after application. PEE showed a dose-dependent inhibitory effect on all fungi tested, although there was no complete inhibition of growth. For peroxidases and polyphenoloxidasas, there was no significant effect ( $p < 0.05$ ) at the different PEE concentrations and times analyzed. The results demonstrate inhibitory action on wheat phytopathogens, although there is a need for greater understanding of the effect and mechanisms under field conditions.

**Keywords:** *Triticum aestivum*, Resistance induction, Plant health, *Apis mellifera*.

## Resumen

El propóleo es ampliamente conocido por sus efectos antimicrobianos. Varios estudios se han enfocado en comprender sus efectos en la salud humana, pero la información sobre su uso y mecanismos de acción para controlar enfermedades de las plantas aún es limitada. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la acción del extracto etanólico de propóleo (EEP) sobre fitopatógenos del trigo y la inducción de enzimas relacionadas con la defensa en este cultivo. La actividad antifúngica se evaluó contra los hongos que causan enfermedades del trigo: *Pyricularia grisea* (tizón del trigo), *Fusarium graminearum* (tizón de la espiga), *Bipolaris sorokiniana* (mancha marrón) y *Puccinia triticina* (roya). Se evaluaron concentraciones de 0, 0.1, 0.5, 1 y 2% de PEE. En un experimento de invernadero, se evaluó la actividad de peroxidasas y polifenoloxidasas en plantas de trigo sometidas a la aplicación de concentraciones de 0, 0.1, 0.5, 1 y 2% de EEP a las 0, 24, 48, 72 y 96 horas después de la aplicación. El EEP mostró un efecto inhibitorio dependiente de la dosis sobre todos los hongos evaluados, aunque no se observó una inhibición completa del crecimiento. Para las peroxidasas y polifenoloxidasas, no se observó un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) a las diferentes concentraciones y tiempos de EEP analizados. Los resultados demuestran una acción inhibitoria sobre los fitopatógenos del trigo, aunque se necesita una mayor comprensión del efecto y los mecanismos en condiciones de campo.

**Palabras clave:** *Triticum aestivum*; Inducción de resistencia; Sanidad vegetal, *Apis mellifera*.

## 1. Introdução

A própolis é um produto composto de substâncias resinosas, gomosas e balsâmicas, coletadas por abelhas a partir de plantas e depositadas nas colmeias, podendo apresentar diferentes atividades biológicas (Mundstock, 2023). A própolis possui composição química complexa, rica em flavonoides, ácidos fenólicos e outros compostos ativos, sendo que a composição pode variar conforme a região de coleta da própolis, bem como fonte botânica e espécies apícolas (Rana et al., 2025).

A própolis é bastante conhecida por seus efeitos antimicrobianos (Longhini et al., 2007), além de antioxidante, antiviral, anti-inflamatório além de outras atividades biológicas (Cora et al., 2024; Etebarian et al., 2024). Apesar de grande parte dos estudos serem direcionados para aspectos da saúde humana ou de importância veterinária (Nascimento et al., 2022), ainda são limitadas as informações sobre seu potencial uso para a agricultura. Algumas pesquisas apontam que o extrato apresenta resultados significativos no controle a doenças em algumas culturas (Bankova; Popova, 2023).

Um dos principais mecanismos de ação da própolis é pela atividade antimicrobiana (Lazo et al., 2025). Sobre fitopatógenos tem sido relatados efeitos inibitórios sobre alguns agentes como bacterianos (Jaski et al., 2019) e fúngicos (Davari & Ezazi, 2022; Sadallah et al., 2025; Yang et al., 2011).

Buscando o desenvolvimento de opções mais sustentáveis e de menos impacto no ambiente para o controle de doenças em plantas, uma das estratégias é a indução de resistência, através da ativação de mecanismos de defesa nas plantas. Essa ativação pode ocorrer tanto por compostos bióticos como abióticos. Resultados promissores tem sido obtidos tanto com produtos biológicos como extratos e óleos essenciais de plantas (Costa et al., 2019). Derivados de própolis também já tem demonstrado efeito em ativar respostas de defesa em algumas espécies, como pelo aumento na atividade de enzimas relacionadas a defesa vegetal (Jaski et al., 2019; Kalboush et al., 2024).

Resultados promissores têm sido obtidos em alguns estudos, que indicam que extratos de própolis podem representar alternativa importante, sustentável e ecologicamente correta no manejo de doenças em plantas (Bankova & Popova, 2023; Kalboush et al., 2024). Devido a natureza de sua composição, uma das principais formas de emprego é como extrato etanólico.

Em algumas espécies de plantas cultivadas ainda são escassas informações do potencial uso da própolis, como é o caso do trigo (*Triticum aestivum* L.). Cultivos de trigo são comumente afetados por diversas doenças, principalmente fúngicas. A incidência de doenças pode causar perdas expressivas na produção e na qualidade dos grãos. Algumas das principais doenças que acometem a parte aérea da cultura são brusone (*Pyricularia grisea*), giberela (*Fusarium graminearum*), mancha marrom (*Bipolaris sorokiniana*) e ferrugem da folha (*Puccinia triticina*). Para evitar maiores danos a aplicação de fungicidas torna-se muito comum, ainda assim algumas dessas doenças são de difícil controle (Reis & Casa, 2016).

Na busca por uma agricultura mais sustentável e produção de alimentos mais saudáveis torna-se importante

desenvolver novas técnicas e estratégias no manejo fitossanitário das culturas, e a utilização da própolis pode contribuir nesse sentido (Bankova & Popova, 2023). A própolis tende a ser um produto de fácil acesso aos produtores, além de ter seu preparo, armazenamento e modo de usar simplificado, o que pode favorecer a sua utilização como produto natural no manejo de doenças em plantas, com especial importância em sistemas de base ecológica. Torna-se importante compreender sobre a potencial ação da própolis sobre fitopatógenos e nas plantas.

Esse trabalho teve por objetivo avaliar a ação do extrato etanólico de própolis (EEP) sobre fitopatógenos do trigo e na indução de enzimas relacionadas a defesa nessa cultura.

## 2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa experimental, laboratorial e de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018) e, com uso de estatística descritiva simples com gráficos de linha, gráficos de barras, valores de média, erro padrão e de frequência relativa porcentual (Shitsuka et al., 2014) e com uso de análise estatística (Vieira, 2021). Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitopatologia e em casa de vegetação na Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, *campus* Laranjeiras do Sul – PR. A obtenção da própolis foi realizada a partir de apiários da região de Laranjeiras do Sul-PR. Foi utilizada a própolis marrom produzida por abelhas *Apis mellifera*. Para obtenção do extrato, primeiramente foi realizada a retirada de impurezas, e em seguida adicionado álcool etílico P.A. 70%, sendo a proporção de própolis e álcool de 16:84% (peso/volume), respectivamente (Pereira et al., 2008). Após a mistura dos componentes, o extrato foi mantido em repouso por 15 dias, sendo a seguir filtrado em papel quantitativo. Esse foi considerado o extrato etanólico a 100%. A partir desse extrato foram preparadas as concentrações de 0, 0,1, 0,5, 1 e 2% que foram utilizadas nos bioensaios, utilizando água destilada nas diluições.

Os fungos fitopatogênicos *Pyricularia grisea*, *Fusarium graminearum* e *Bipolaris sorokiniana* foram obtidos de plantas de trigo, no município de Laranjeiras do Sul – PR, com sintomas de brusone, giberela e helmintosporiose, respectivamente. O isolamento foi realizado em meio de cultura ágar- água a 2% em placas de Petri e posteriormente cultivadas em meio BDA (batata-desxrose-ágar) e incubadas a 25°C, em escuro.

A atividade antifúngica do extrato sobre os patógenos *P. grisea*, *F. graminearum* e *B. sorokiniana* foi avaliada por meio do crescimento micelial das colônias, onde o extrato etanólico de própolis foi incorporado aos meios de cultura BDA (Batata Dextrose Ágar), após autoclavagem e antes de verter em placas de Petri. Foram utilizadas placas de vidro, com 90 mm de diâmetro. Após o preparo do meio de cultura, foi realizada a transferência, para o centro de cada placa, de um disco de micélio de 0,7 cm de diâmetro, obtido a partir de colônias com 14 dias. As placas foram incubadas a 25°C em escuro. As medições foram feitas através da aferição do diâmetro médio das colônias a cada três dias, até que as maiores colônias atingissem cerca de ¾ da placa. Com os dados obtidos foi calculada a área abaixo da curva de crescimento micelial (AACCM), através da fórmula  $AACCM = \sum [(y_1 + y_2)/2] \cdot (t_2 - t_1)$ , onde  $y_1$  e  $y_2$  são duas avaliações consecutivas realizadas nos tempos  $t_1$  e  $t_2$ , respectivamente. Ao final do experimento foi preparada uma suspensão de esporos de cada colônia, para quantificar a produção de esporos. Para tanto foram adicionados 10 mL de água destilada na placa de Petri contendo os isolados fúngicos, seguido de raspagem da colônia com auxílio de alça de Drygalski. O material foi filtrado em gaze e a concentração de esporos na suspensão obtida foi determinada com auxílio de câmara de Neubauer.

Para *Puccinia triticina*, agente causal da ferrugem da folha do trigo, foi realizado bioensaio de germinação de esporos, por se tratar de um patógeno biotrófico sem crescimento em meio de cultura. Primeiramente, foi preparada suspensão de esporos através da raspagem de folhas com sinais da doença, com auxílio de um pincel para a remoção dos uredósporos, transferindo para um béquer com 10 mL de água destilada. Com a suspensão obtida, foi ajustada a concentração de uredósporos em câmara de Neubauer, para  $1 \times 10^4$  esporos/ mL. Para implantação do experimento, foram preparadas lâminas de microscopia cobertas com meio ágar-água 2%. Sobre cada lâmina foi adicionado 30 µL de suspensão de esporos e 30 µL do

respectivo tratamento. Em seguida, foi feita a incubação em placas de Petri de plástico, depositadas sobre papel de germinação umedecido, tampadas e mantidas a 25°C, no escuro. Para a avaliação da porcentagem de germinação, foi realizada a paralização da germinação após seis horas de incubação, com 10 µL de azul algodão de lactofenol. A avaliação foi em microscópio, sendo feito a contagem de 100 esporos para a determinação da porcentagem (%) de esporos germinados. Foram considerados como esporos germinados aqueles com tubo germinativo maiores que o menor diâmetro do esporo. Também foi determinado o tamanho dos tubos germinativos, sendo medidos 10 tubos germinativos por parcela, com régua microscópica, em aumento de 100x.

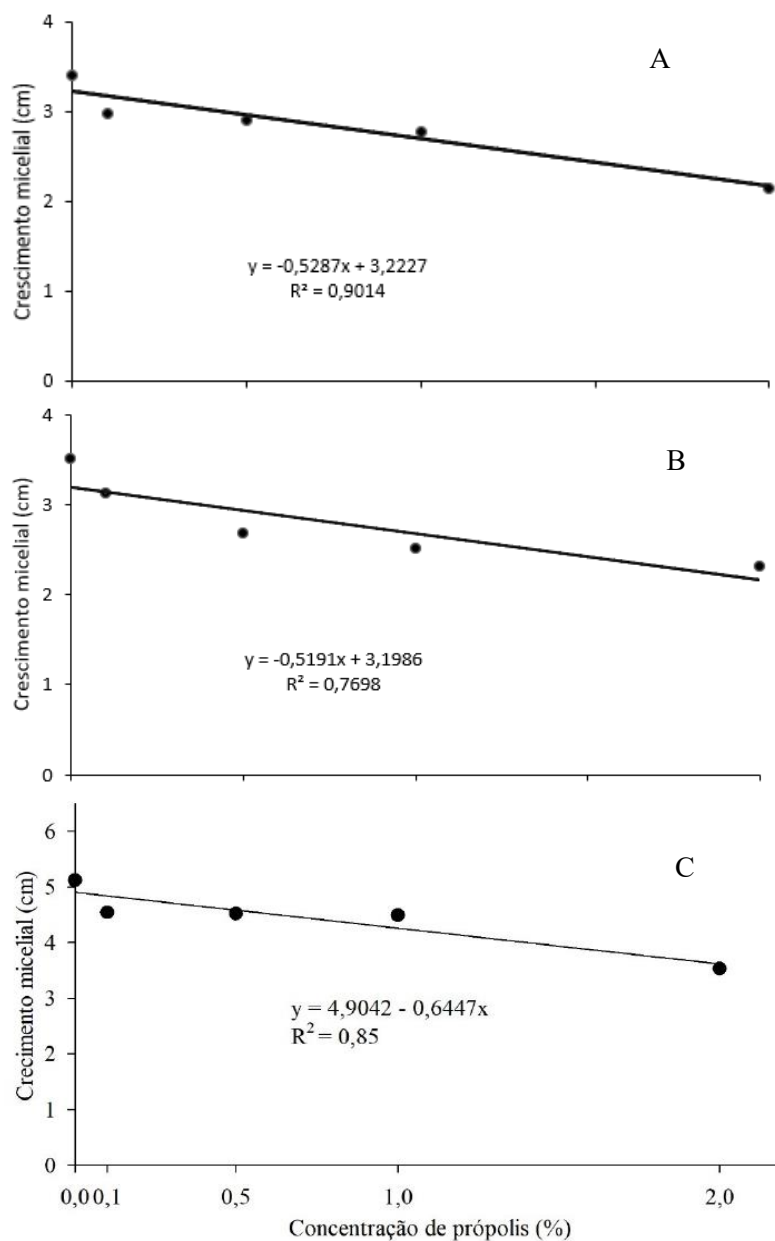
Para avaliação de enzimas relacionadas a defesa vegetal, foi conduzido experimento em casa de vegetação em esquema fatorial, sendo um fator as concentrações de 0, 0,1, 0,5, 1 e 2% do extrato de própolis, e outro fator diferentes tempos após a aplicação. Para tanto, sementes da cultivar de trigo cv. CD 104 foram semeadas em vasos de 2 kg contendo mistura de solo e composto orgânico na proporção de 3:1 v/v respectivamente. Os tratamentos foram aplicados através de pulverização até ponto de escorrimento, aos 30 dias após a semeadura. Para realização das análises bioquímicas, as amostras de tecido foliar de aproximadamente 0,5 g, foram coletadas nos tempos de 0, 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação dos tratamentos. As amostras foram imediatamente armazenadas em temperatura de -20 °C. Para quantificação da atividade enzimática, as amostras foram homogeneizadas em 3 mL de tampão fosfato 0,01 M (pH 6,0) contendo 1% (p/p) de PVP (polivinil-pirrolidona), em almofariz de porcelana. O homogeneizado foi então centrifugado a 14.500 g durante 20 min, a 4°C. O sobrenadante obtido, considerado como extrato enzimático, foi utilizado para a determinação da atividade enzimática. Todo material empregado ficou mantido congelado a -20°C até a realização das análises, ficando refrigerados durante todo o processo. Foram determinadas a atividade das enzimas peroxidases e polifenolxidasas. A atividade das polifenoloxidasas foi determinada conforme a metodologia proposta por Duangmal e Apenten (1999). Para tanto, o substrato para enzima foi composto por catecol, na concentração de 20 mM, dissolvido em tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 6,8). A reação foi conduzida misturando-se 1000 µL do substrato e 20 µL do extrato enzimático seguida de leituras em espectrofotômetro, a 420 nm. As leituras foram realizadas de forma direta por um período de 1 min. Os resultados foram expressos em absorbância min<sup>-1</sup> mg de proteína<sup>-1</sup>. A atividade de peroxidases foi determinada pela medida da conversão do guaiacol em tetraguaiacol (Lusso; Pascholatti, 1999), a 470 nm, sendo a mistura constituída de 0,2 mL de extrato proteico e 2,8 mL do substrato para enzima (306 µL de peróxido de hidrogênio P.A., 12,5 mL de guaiacol a 2% e 87,5 mL de tampão fosfato 0,01 M (pH 6,0), conduzida a 30°C por 1 min. Para polifenoloxidase mediu-se a oxidação do catecol em quinona por 1 minuto a 420 nm (Duangmal; Apenten, 1999).

Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e análise de regressão, com auxílio do programa computacional Sisvar (Ferreira, 2007).

### 3. Resultados e Discussão

O extrato etanólico de própolis promoveu inibição significativa no crescimento micelial dos fungos *Pyricularia grisea* (Figura 1A), *Fusarium graminearum* (Figura 1B) e *Bipolaris sorokiniana* (Figura 1C). A equação linear foi significativa e a que se ajustou aos dados para os fitopatógenos testados. Esses resultados indicam aumento na atividade inibitória com o aumento na concentração do extrato em todos os casos. O tratamento com extrato etanólico de própolis a 2% apresentou redução de 35,8% no crescimento micelial do fungo *P. grisea*, quando comparado ao tratamento a 0,0%. Para o fungo *F. graminearum* os resultados seguiram a mesma tendência, com redução de 34,1% no crescimento micelial na concentração de 2,0%, em relação ao tratamento a 0,0%, assim como para *B. sorokiniana*, onde a concentração a 2% apresentou redução de 26,3% no crescimento micelial do fungo, quando comparado ao tratamento a 0,0%.

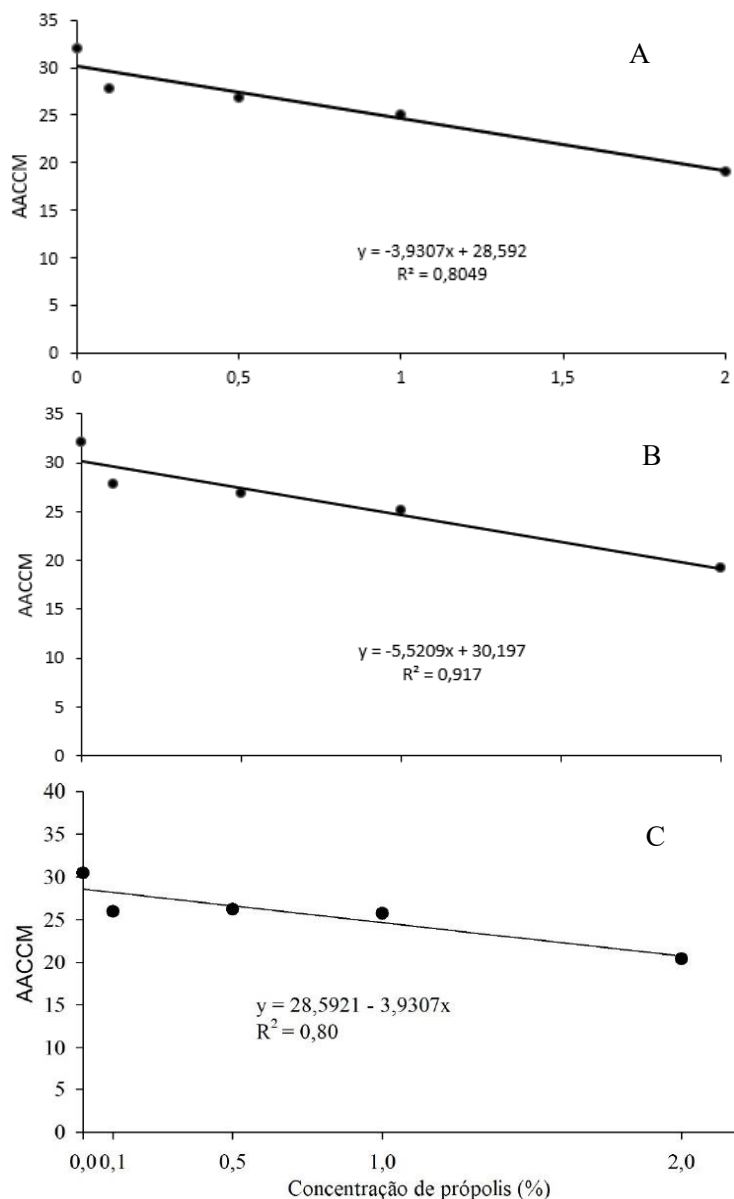
**Figura 1** - Crescimento micelial de *Pyricularia grisea* (A) *Fusarium graminearum* (B) e *Bipolaris sorokiniana* (C) em diferentes concentrações do extrato etanólico de própolis após nove dias de incubação.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Para a AACCM (área abaixo da curva de crescimento micelial), os resultados obtidos foram semelhantes, apresentando inibição no crescimento das colônias tanto para *Pyricularia grisea* (Figura 2A), quanto para *Fusarium graminearum* (Figura 2B) e *Bipolaris sorokiniana* (Figura 2C), conforme o aumento da concentração do extrato. A AACCM é um valor adimensional que considera a integral das diferentes avaliações durante o desenvolvimento do patógeno. Da mesma forma descrita anteriormente, quanto maior a concentração do extrato de própolis utilizada maior a inibição no crescimento do fungo. Na concentração de 2% a inibição em relação a testemunha 0% foi de 33,06, 40,32 e 27,5% para os fungos *P. grisea*, *F. graminearum*, e *B. sorokiniana*, respectivamente.

**Figura 2** - Área abaixo da curva do crescimento micelial (AACCM) de *Pyricularia grisea* (A), *Fusarium graminearum* (B) *Bipolaris sorokiniana* (C) em diferentes concentrações do extrato etanólico de própolis.

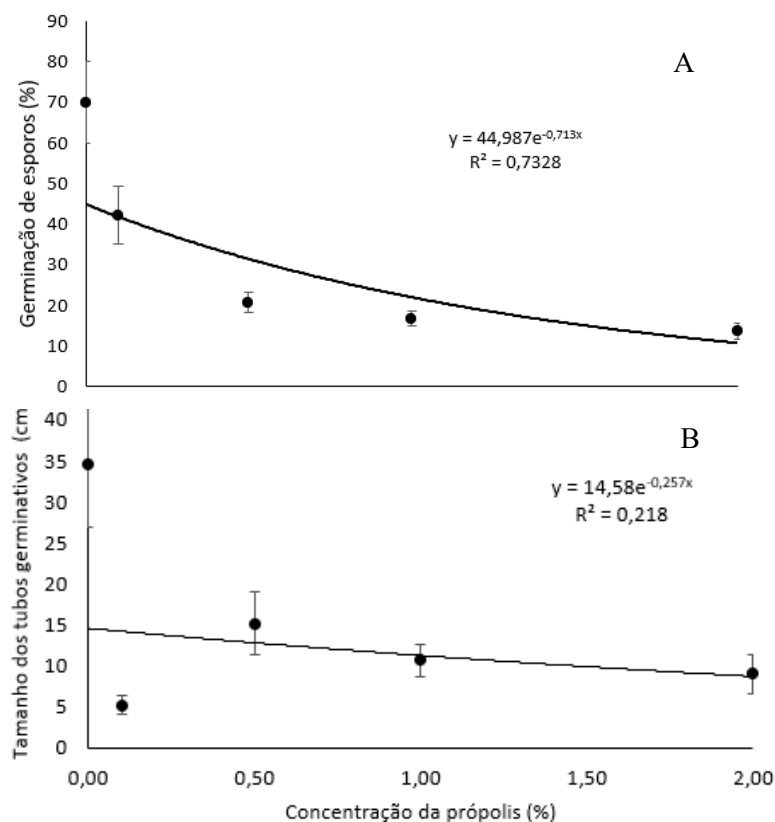


Fonte: Dados da pesquisa (2022).

As colônias dos fungos *P. grisea*, *F. graminearum* e *B. sorokiniana* não apresentaram produção de esporos nas condições do experimento, independentemente da presença ou não do extrato etanólico de própolis.

O extrato etanólico de própolis apresentou inibição na germinação de esporos da ferrugem da folha do trigo (Figura 3A). Inibição significativa já observada a partir da concentração de 0,1%, tendendo a estabilizar em maiores concentrações. Na concentração de 0,1%, a redução foi de 39,65% e a 2% do extrato, a redução foi de 80,36% em relação ao tratamento sem o extrato.

**Figura 3** – Germinação de esporos (%) (A) e tamanho de tubos germinativos (µm) (B) de *Puccinia triticina* após seis horas de incubação, em diferentes concentrações do extrato etanólico de própolis.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Os princípios ativos presentes na própolis demonstraram a capacidade de inibição sobre os uredósporos da ferrugem, afetando sua germinação e o tamanho do tubo germinativo. Tal resultado é importante, pois a ferrugem pertence ao grupo de fungos dos basidiomicetos, comprovando que a própolis apresenta efeitos inibitórios significativos sobre diferentes grupos fúngicos, como ocorre com *P. grisea*, *F. graminearum* e *B. sorokiniana*, que pertencem ao grupo dos ascomicetos. Esse amplo espectro de ação da própolis, incluindo atividade antifúngica, antibacteriana e antiviral já tem sido relatada em outros trabalhos (Cora et al., 2024). Como não houve inibição total da germinação e desenvolvimento dos tubos, o efeito do extrato etanólico de própolis nas concentrações testadas mostrou-se fungistático e não fungicida. Embora não tenha sido observada inibição total do desenvolvimento dos tubos germinativos, possivelmente o efeito observado pode ser determinante para afetar a infecção em plantas.

Grande parte dos estudos da atividade antimicrobiana de extratos de própolis são direcionados para patógenos de importância para saúde humana ou veterinária, como, por exemplo, de atividade antimicrobiana sobre bactérias como *Staphylococcus* sp., *Streptococcus* sp., *Escherichia coli* (Nascimento et al., 2022). Também resultados promissores são relatados no controle de onicomiose, infecção fúngica que afeta as unhas, de oneroso controle (Longhini et al., 2007). Essa atividade tem sido atribuída a composição química complexa da própolis, rica em flavonoides, ácidos fenólicos e outros compostos ativos (Rana et al., 2025). Também compostos bioativos voláteis podem estar envolvidos (Sadallah et al., 2025). Sobre agentes causais de doenças em plantas alguns estudos têm demonstrado efeito sobre alguns patógenos de outras espécies de plantas cultivadas, *Colletotrichum* spp. (agente causal de antracnoses) e *Penicillium* sp., fungo que provoca deterioração em sementes armazenadas, afetando sua qualidade fisiológica (Souza et al., 2017). Também efeito inibitório do crescimento foi observado sobre os fitopatógenos de solo *Sclerotinia sclerotiorum* (Cibanal et al., 2022) e *Rhizoctonia solani*, também em



maiores concentrações do extrato etanólico de própolis (Munstock (2023).

Estudos indicam que a própolis apresentou resultados significativos na redução do tamanho dos tubos germinativos de *Phakopsora euvtis*, ferrugem que atinge a videira (Marini et al., 2012). Sobre *Fusarium fujikuroi*, um importante patógeno na cultura do arroz, extratos de própolis também promoveram significativa ação antifúngica (Kalboush et al., 2024), bem como sobre algumas outras espécies de *Fusarium* (Davari & Ezazi, 2022). De acordo com estudos, a própolis conta com mais de 300 substâncias já identificadas, onde se destacam os flavonoides, ácidos fenólicos, terpenoides, vitaminas, entre outros (Carvalho; Sodré, 2021). Possivelmente o efeito antimicrobiano da própolis se deve ao efeito sinérgico de diferentes compostos ativos (Lazo et al., 2025).

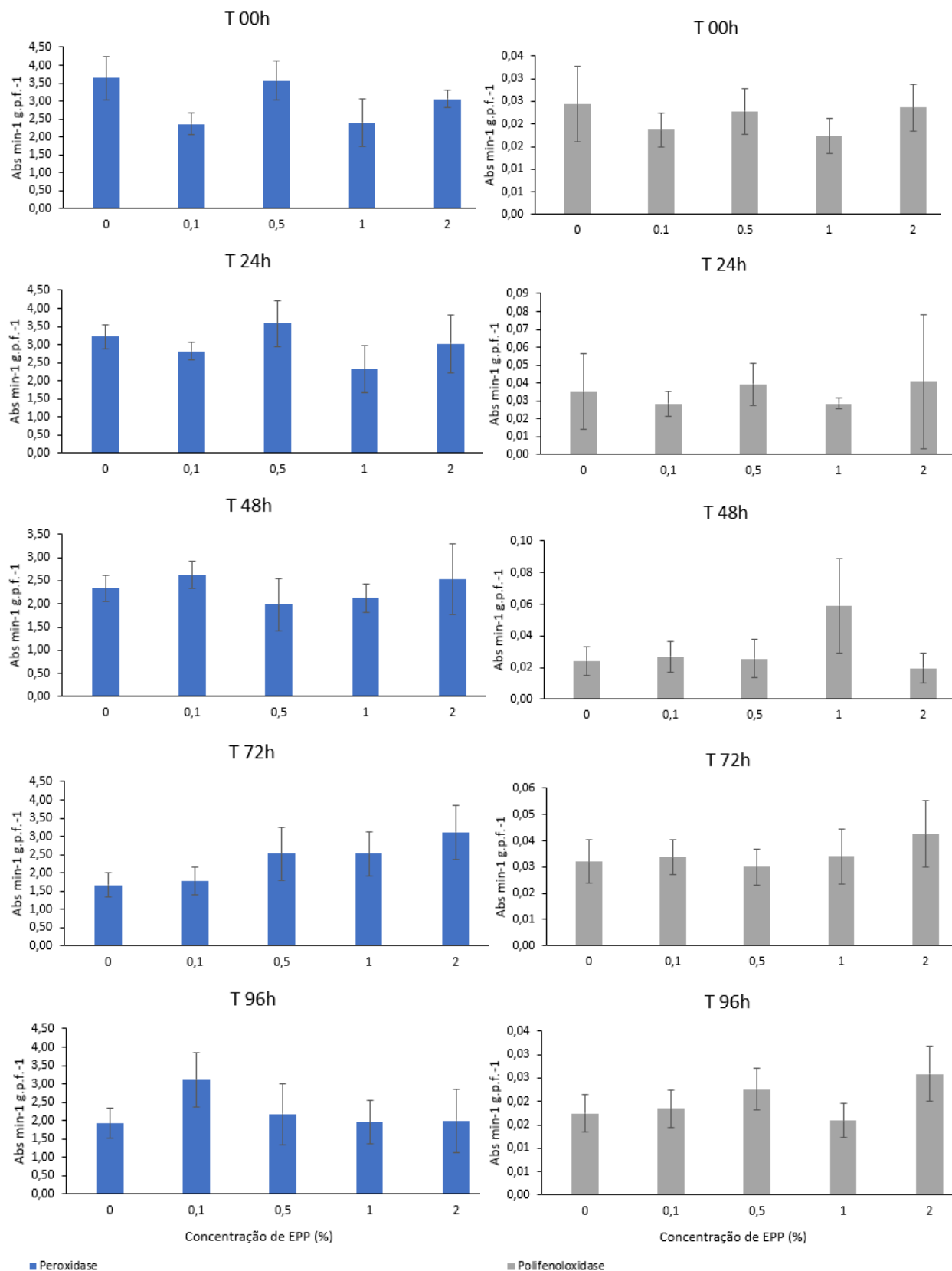
Na atividade das enzimas peroxidases e polifenoloxidasas não foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as diferentes concentrações de própolis, nem entre os diferentes tempos após os tratamentos (Figura 4), indicando que, nas condições do trabalho, o extrato etanólico de própolis não afetou a atividade dessas enzimas. Também não foi observada interação significativa entre esses fatores.

Essas enzimas avaliadas estão envolvidas em importantes respostas de defesa da planta, tendo sido observadas alterações na atividade por diferentes compostos (Costa et al., 2019). A peroxidase (POD) é uma enzima relacionada a diversos processos na planta, atuando na lignificação, oxidação de fenóis, cicatrização de ferimentos, defesa contra patógenos, entre outras reações (Campos et al., 2004). A polifenoloxidase (PFO) é uma enzima de grande importância para as plantas, visto que a mesma atua na formação de quinonas, por meio da oxidação de compostos fenólicos, que apresentam ação antimicrobiana além de permitir que derivados produzidos sejam mais tóxicos que o fenol original, proporcionando resistência ao ataque de patógenos (Alvarenga et al., 2011). Além da importância da resposta contra fitopatógenos, essas enzimas também podem estar relacionadas a outros mecanismos de estresse na planta, como estresse salino (Alhudhaibi et al., 2024).

Embora ainda sejam limitadas as informações de possíveis mecanismos de ação da própolis em plantas, alguns estudos já tem demonstrado o potencial da própolis em ativar respostas de defesa em algumas espécies vegetais, enquanto em outras espécies também não foram verificadas alterações significativas. Jaski et al. (2019) observaram indução de polifenoloxidasas em plantas de feijoeiro pelo uso de extrato etanólico de própolis verde. Mundstock (2023) também não observaram alteração significativa na atividade de peroxidases e polifenoloxidasas em plantas de alface tratadas com extrato etanólico de própolis marrom. Em plantas de arroz, Kalboush et al. (2024) verificaram alterações em peroxidases e polifenoloxidasas pelo uso de extrato de própolis, e os autores sugerem o potencial e uma alternativa promissora e ecologicamente sustentável no manejo de doenças nessa cultura. Embora nas condições do bioensaio não foram obtidas diferenças significativas nessas enzimas é importante aprofundar estudos para compreender se a própolis pode induzir outros mecanismos bem como sobre a ação em condições de campo.



**Figura 4** - Atividade de peroxidases e polifenoloxidasas em folhas de trigo tratadas com diferentes concentrações de extrato etanólico de própolis. Médias  $\pm$  Erro padrão da média.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

#### 4. Conclusão

O extrato etanólico de própolis apresentou efeito inibitório significativo sobre os fungos *Pyricularia grisea*, *Fusarium graminearum*, *Bipolaris sorokiniana* e *Puccinia triticina*, agentes causais do brusone, giberela, helmintosporiose e ferrugem no trigo, respectivamente. A aplicação do extrato etanólico de própolis não promoveu alteração na atividade de peroxidases e polifenoloxidases.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS (PES-2020-0459) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (PES-2021-0476) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

#### Referências

- Alvarenga, T. C.; Silva Neto, H. F.; Ogassavara, F. O.; Arantes, F.C.; Marques, M. O.; & Frigieri, M .C. (2011). Polifenoloxidase: uma enzima intrigante. *Ciência & Tecnologia*, 3(1), 83-93.
- Alhudaibi, A. M., Ibrahim, M. A .R., & Abd-Elaziz, S. M. S. et al. (2024). Enhancing salt stress tolerance in wheat (*Triticum aestivum*) seedlings: insights from trehalose and mannitol. *BMC Plant Biology*, 24, 472. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04964-2>.
- Bankova, V.; & Popova, M. (2023). Propolis: Harnessing nature's hidden treasure for sustainable agriculture. *Agrochemicals*, 2(4), 581-597. <https://doi.org/10.3390/agrochemicals2040033>.
- Campos, Â. D.; Ferreira, A. G.; Hampe, M. M. V.; Antunes, I. F.; Brancão, N.; Silveira, E. P.; Osório, V. A.; & Augustin, E. (2004). Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão à antracnose. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(7), 637-643. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000700004>.
- Carvalho, G. J. L.; & Sodré, G. S. (2021). Application of propolis in agriculture. *Arquivos do Instituto Biológico*, 88, 1-8, e0632019. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000632019>.
- Cibanal, I. L., Fernández, L. A., Rodriguez, S. A.; Pellegrini, C. N.; & Gallez, L. N. (2022). Propolis extract combined with oregano essential oil applied to lima bean seeds against *Sclerotinia sclerotiorum*. *European Journal Plant Pathology*, 164, 33–43. <https://doi.org/10.1007/s10658-022-02536-4>.
- Cora, M.; Esertas, U. Z. U.; Kara, Y.; & Kolayli, S. (2024). Antioxidant, antimicrobial, antiviral, and antiproliferative properties of Turkish propolis sample. *European Food Research and Technology*, 251,123-133. <https://doi.org/10.1007/s00217-024-04618-5>
- Costa, A. P.; Moura, G. S.; Gebauer, J. T.; & Franzener, G. (2019). Extrato aquoso e óleo essencial de gengibre induzem mecanismos bioquímicos de defesa em feijoeiro. *Revista de Agricultura Neotropical*, 6(2), 79–86. <https://doi.org/10.32404/rean.v6i2.2721>.
- Davari, M., & Ezazi, R. (2022) Mycelial inhibitory effects of antagonistic fungi, plant essential oils and propolis against five phytopathogenic *Fusarium* species. *Archives Microbiology*, 204, 480. <https://doi.org/10.1007/s00203-022-03102-6>.
- Duangmal, K.; & Apenten, R. K .O. (1999). A comparative estudy of poliphenoloxidases from taro (*Colocasia esculenta*) e potato (*Solanum tuberosum* var. Romano). *Food Chemistry*, 64, 351-359.
- Etebarian, A.; Alhouei, B.; Mohammadi-Nasrabad, F.; & Esfarjani, F. (2024). Propolis as a functional food and promising agent for oral health and microbiota balance: A review study. *Food Science & Nutrition*, 12(8), 5329-5340. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4216>.
- Ferreira, D. F. (2007) *SISVAR: Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 5.0*. Lavras: DEX/UFLA, 2007. Software.
- Jaski, J. M.; Telaxka, F. J.; Moura, G. S.; & Franzener, G. (2019). Green propolis ethanolic extract in bean plant protection against bacterial diseases. *Ciência Rural*, v. 49(6), e20180597. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180597>.
- Kalboush, Z. A.; Mazrou, Y. S. A.; Elzan, S. H.; Zanaty, E. M.; Gazzy, A. A.; Gomaa, M. B. M.; Makhlof, A. B.; & Nehela, Y. (2024). Regional propolis extracts suppress *Fusarium fujikuroi* and boost rice seedling growth and response against Bakanae disease. *Plant Stress*, 14(100610). <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100610>.
- Lazo, G. L.; Lemes, D. C.; Pauletti, P. M.; Bastos, J. K.; Ambrósio, S. R.; Veneziani, R. C. S.; & Pires, R. H. (2025). Analysis of the antimicrobial activity of propolis: A narrative review of in-vitro studies. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 97(3), e20241302. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202520241302>.
- Longhini, R.; Raksa, S. M.; Oliveira, A. C. P.; Svidzinski, T. I. E.; & Franco, S .L. (2007) Obtenção de extratos de própolis sob diferentes condições e avaliação de sua atividade antifúngica. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 17(3), 388-395. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000300015>.
- Lusso, M. F. G.; & Pascholati, S F. (1999). Activity and isoenzymatic pattern of soluble peroxidases in maize tissues after mechanical injury or fungal inoculation. *Summa Phytopathologica*, 25, 244-249.

Marini, D.; Mensch, R.; Freiberger, M. B.; Dartora, J.; Franzener, G.; Garcia, R. C.; & Stangarlin, J. R. (2012). Efeito antifúngico de extratos alcoólicos de própolis sobre patógenos da videira. *Arquivos do Instituto Biológico*, 79, 305-308.

Mundstock, L. (2023). *Extrato de própolis de Apis mellifera no controle de fitopatógenos, e sobre o manejo de doenças e o desempenho agrônomo de alface*. Dissertação (mestrado). Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS. 98p. <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/7693/1/MUNDSTOCK.pdf>.

Nascimento, G. M., Cardozo, M. V., Valmorbida, M. K., Pereira, N., Barbosa, J. C., Favaron Júnior, F. R., & Ávila, F. A. (2022). Propolis in the control of bacterial bovine mastitis: a tool for the production of organic milk. *Semina: Ciências Agrárias*, 43(2), 869–882. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n2p869>.

Pereira, A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [free ebook]. Santa Maria. Editora da UFSM.

Pereira, C. S.; Guimarães, R. J.; Pozza, E. A.; & Silva, A. A. (2008). Extrato etanólico de própolis (EEP) no controle de cercospora e ferrugem do cafeeiro. *Revista Ceres*, 55,369-376.

Rana, A.; Malik, A.; & Sobti, R. C. (2025). Anti-bacterial Properties of Propolis: A Comprehensive Review. *Current Microbiology*, 82(479). <https://doi.org/10.1007/s00284-025-04456-y>.

Reis, E. M.; & Casa, R. T. (2016) Doenças do trigo. In. AMORIM, L. et al. *Manual de Fitopatologia: doenças plantas cultivadas*. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2, 737-744.

Sadallah A, Aprea E, Cignola R, Caratti A, Cordero C, Angeli A, Martens S, & Di Francesco A. (2025). Propolis hydroalcoholic extracts: biochemical characterization and antifungal efficacy. *Horticulturae*, 11(2), 122. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020122>.

Shitsuka, R. et al. (2014). *Matemática fundamental para a tecnologia*. (2ed). Editora Érica.

Souza, E. P.; Perino, F. H. B.; Moscato, B. S.; Freitas, P. G. N.; Blumer, S.; Cardoso, A. I. I.; Bonini, C. S. B.; & Bonini Neto, A. (2017). Extrato de própolis no controle do *Penicillium* sp. e na qualidade de sementes de couve-flor. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 11(2), 135-141.

Vieira, S. (2021). *Introdução à bioestatística*. Editora GEN/Guanabara Koogan.

Yang, S. Z.; Peng, L. T.; SU, X. J.; Chen, F.; Cheng, Y. J.; Fan, G.; & Pan, S. Y. (2011). Bioassay-guided isolation and identification of antifungal components from propolis against *Penicillium italicum*. *Food Chemistry*, 127(1), 210-215. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.011>.