

Evaluation of the Inhibitory Effect of *Heracleum platytaenium* Boiss Essential Oil Against *Alternaria alternata***Abdullah Güller¹, Işıl Saraç Sivrikaya^{1*}, Bekir Tosun²**¹Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bingöl University, Bingöl, Türkiye²Department of Plant and Animal Production, Burdur Vocational School of Food, Agriculture and Livestock, Burdur, Türkiye

Corresponding author e-mail: isarac@bingol.edu.tr

Abstract

This study aims to evaluate the antifungal effect of the essential oil of *Heracleum platytaenium*, an endemic plant of Turkey, against the phytopathogenic fungus *Alternaria alternata*. Fungus is a widespread fungal pathogen that causes significant economic losses in agricultural production. Due to the adverse environmental and health effects of chemical fungicides, the search for natural antifungal agents has gained increasing importance.

The antifungal activity of *H. platytaenium* essential oil obtained in different years was tested under in vitro conditions. The essential oils were applied at different concentrations (5, 10, and 20 µL) and examined for their effects on *A. alternata* mycelial growth on Potato Dextrose Agar (PDA) medium. The findings revealed that the essential oil inhibited fungal growth in a dose-dependent manner. The highest inhibition rate was observed at a 20 µL concentration, with the 2021 essential oil achieving up to 86.6% inhibition. These results suggest that the antifungal activity of the essential oil may vary depending on the extraction year.

In conclusion, the essential oil of *H. platytaenium* appears to be a promising natural antifungal agent against *A. alternata*. However, further studies are needed to explore its chemical composition, mode of action, and efficacy against different pathogens. Future research should focus on its potential use as a biofungicide in agricultural production.

Key Words: *Heracleum platytaenium*, Essential oil, Antifungal activity, *Alternaria alternata****Heracleum platytaenium* Boiss. Uçucu Yağının *Alternaria alternata*'ya Karşı Antifungal Aktivitesi****Özet**

Çalışma, Türkiye'nin endemik bitkileri arasında yer alan olan *Heracleum platytaenium* uçucu yağının *Alternaria alternata* adlı fitopatojen fungus üzerindeki antifungal etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. *A. alternata*, tarımsal üretimde önemli ekonomik kayıplara yol açan yaygın bir fungal patojendir. Kimyasal fungusitlerin çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri nedeniyle, doğal antifungal ajanların araştırılması giderek önem kazanmaktadır. Araştırmada, farklı yıllarda elde edilen *H. platytaenium* türünün meyveuçucu yağlarının antifungal etkinliği in vitro koşullarda test edilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda (5, 10 ve 20 µL) uygulanan uçucu yağlar, Patates Dekstroz Agar (PDA) ortamında *A. alternata*'nın miselyal gelişimi üzerindeki etkileri açısından incelenmiştir. Bulgular, uçucu yağın doza bağlı olarak fungal gelişimi baskıladığını göstermiştir. En yüksek inhibisyon oranı 20 µL konsantrasyonunda gözlemlenmiş olup, 2021 yılına ait uçucu yağ %86,6'ya varan inhibisyon sağlamıştır. Bu sonuçlar, uçucu yağın antifungal aktivitesinin ekstraksiyon yılına bağlı olarak değişebileceğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, *H. platytaenium* uçucu yağı, *A. alternata*'ya karşı umut vadeden bir doğal antifungal ajan olarak değerlendirilebilir. Ancak, bileşen profili, etkinlik mekanizmaları ve farklı patojenlere karşı geniş kapsamlı testler ile desteklenmesi gerekmektedir. Gelecekteki araştırmalar, tarımsal üretimde biyofungisit olarak kullanımı için daha kapsamlı incelemeleri içermelidir.

Anahtar Kelimeler: *Heracleum platytaenium*, Esansiyel yağ, Antifungal aktivite, *Alternaria alternata***Giriş**

Bitki hastalıkları, tarımsal üretimde önemli ekonomik kayıplara neden olan başlıca faktörlerden biridir. Sentetik fungusitlerin yaygın kullanımı, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle giderek daha fazla endişe yaratmaktadır (Damalas ve Eleftherohorinos, 2011). Bu bağlamda, doğal ve çevre dostu alternatifler bulmak, sürdürülebilir tarım uygulamaları için kritik öneme sahiptir. Son yıllarda, bitki kökenli bileşiklerin antifungal özellikleri üzerine yapılan araştırmalar, umut verici sonuçlar ortaya koymaktadır (Firuzi ve ark., 2010).



Heracleum cinsi, Apiaceae familyasına ait olup, dünya genelinde yaklaşık 125 türü içermektedir (Pimenov ve Leonov, 2004). Bu cinsin üyeleri, geleneksel tıpta (antioksidan) ve gıda endüstrisinde kullanımlarının yanı sıra, antimikrobiyal özellikleri nedeniyle de dikkat çekmektedir (Bahadori ve ark., 2016).

Bir çalışmada, Heracleum türlerine ait meyvelerden elde edilen uçucu yağlar GC ve GC/MS ile analiz edilmiştir. Ana bileşen oktil asetat olup, *H. platytaenium* yağında ayrıca oktil bütirat da belirlenmiştir. Uçucu yağlar *Candida glabrata*'ya karşı güçlü antikandidal etki göstermiştir (İscan ve ark., 2004). Heracleum platytaenium, Türkiye'nin endemik türlerinden biri olarak, fitopatoloji alanında potansiyel bir kaynak olarak öne çıkmaktadır (Akcin ve ark., 2013). *H. platytaenium*'un kimyasal kompozisyonu ve biyolojik aktivitesi çeşitli araştırmaların çalışma konusu olmuştur. Kılıç ve ark. (2016), *H. platytaenium* kök uçucu yağının 70 bileşenden oluşmakta olduğunu ve ana bileşenler p-simen (%33,9), terpinolen (%14,3), γ -terpinen (%7,1), elemisin (%3,1) ve miristin (%2,9) olarak belirlendiğini rapor etmiştir.

Bitki patojenleri, tarımsal ürünlerde önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Strange ve Scott, 2005). *Alternaria alternata* gibi yaygın fungal patojenler, çeşitli bitki türlerini etkileyerek ciddi ekonomik zararlara yol açmaktadır (Thomma, 2003). *H. platytaenium*'un antifungal özellikleri, bu tür patojenlere karşı doğal bir kontrol ajanı olarak kullanıma dair umut verici işaretler sunmaktadır. Mevcut literatür, *H. platytaenium*'un fitopatolojideki potansiyel kullanımına dair umut verici işaretler sunmaktadır. Ancak, bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır ve bitki patojeni funguslarla ilişkili çalışmalar eksik ve yetersizdir. Özellikle, bitkinin spesifik bitki patojenleri üzerindeki etkilerinin detaylı olarak incelenmesi, uçucu yağın aktif bileşenlerinin belirlenmesi ve in vivo koşullarda etkinliğinin değerlendirilmesi gerekmektedir (İsman, 2000; Bakkali ve ark., 2008).

Bu araştırma, *H. platytaenium*'un farklı yıllarda elde ekstrakte edilen uçucu yağların zirai üretimde ekonomik kayıplara yol açan *A. alternata*'ya karşı fitopatolojideki potansiyel kullanımını ele almayı, araştırma boşluklarını belirlemeyi ve gelecekteki çalışmalar için yön göstermeyi amaçlamaktadır. Bitkinin antifungal özelliklerinin daha iyi anlaşılması, sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkıda bulunabilir ve yeni, çevre dostu bitki koruma stratejilerinin geliştirilmesine öncülük edebilir.

Materyal ve Yöntem

Uçucu Yağ ve Test Fungusu

Bu çalışmada kullanılan *H. platytaenium* bitkisinin uçucu yağı Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Deneme alanlarında yetiştirilmiştir. Türün 100 gr meyveleri öğütüldükten sonra 3 saat boyunca hidrodistilasyona tabi tutulmuştur. temin edilmiştir. Araştırmada test edilen *Alternaria alternata* Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fitopatoloji Laboratuvarı'ndaki fungus koleksiyonundan elde edilmiştir.

Besiyeri Hazırlığı

Fungal izolatin saflaştırılması ve çoğaltılması amacıyla Patates Dekstroza Agar (PDA) besiyeri ve distile su kullanılmıştır. Hazırlanan besiyeri, 121.1°C'de 15 dakika boyunca otoklavda sterilize edildikten sonra steril petri kaplarına aktarılmıştır. Hazırlanan besiyerleri hem ön kültür elde edilmesi hem de uygulama grupları için zemin oluşturmuştur. Uygulama gruplarına uçucu yağın farklı konsantrasyonları ilave edilmiştir (5 μ l, 10 μ l, 20 μ l) ve steril pipet ucu ile homojen bir şekilde karıştırılmıştır.

Fungal İzolatın Hazırlanması

Fungal izolatlara, hazırlanan 90 mm'lik petri kaplarındaki besiyeri üzerine yerleştirilerek optimum sıcaklık ve nem koşullarında 7 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır.

Antifungal Aktivite Testi

İnokülasyona hazır *A. alternata* petrilerinden 8 mm çapındaki fungal diskler steril bir fungus delici yardımıyla alınarak PDA ortamının merkezine inoküle edilmiştir. Fungusların gelişimi, petri kaplarını tamamen kaplayacak şekilde inkübasyona bırakılmıştır. Denemeler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, çalışmada pozitif (nistatin) ve negatif kontrol (uçucu yağ içermeyen) grupları kullanılmıştır.

İnkübasyon süresi sonunda fungal koloni çapları ölçülerek elde edilen veriler doğrultusunda solüsyonların antifungal etkinliği hesaplanmıştır (Benjilali ve ark. 1984). Hesaplama aşamasında, başlangıçta yerleştirilen 8 mm çapındaki fungal diskler değerlendirmeye dahil edilmemiştir. Solüsyonların antifungal etkisi, Deans ve Svoboda (1990) tarafından belirtilen % inhibisyon formülü kullanılarak belirlenmiştir:

Inhibisyon (%) = $(gc - gt) / gc \times 100$ (gc: kontrol gruplarındaki miselyal büyüme çapı, gt: uçucu yağ uygulanmış ortamdaki miselyal büyüme çapı).

İstatistiki Analiz

Farklı yıllar ve dozlardan elde edilen veriler tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekrarlı olarak faktöriyel düzenlemeye göre SAS (2009) istatistik paket programında GLM prosedürü kullanılarak standart varyans analizi tekniğinde (ANOVA) analiz edilmiş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Esansiyel yağların fitopatogen funguslara karşı etkinliği, son yıllarda bitki hastalıklarının kontrolünde doğal ve çevre dostu alternatifler arayışı nedeniyle yoğun bir şekilde araştırılmaktadır (Šernaitė ve ark., 2020). Bu yağlar,



kompleks kimyasal yapıları ve çeşitli biyoaktif bileşenleri sayesinde geniş spektrumlu antifungal aktivite göstermektedir. Örneğin, dereotu (*Anethum graveolens* L.) tohum yağı, *Aspergillus flavus* üzerinde antifungal etki göstermiştir. Uçucu yağ, ergosterol sentezini inhibe ederek plazma membranında hasara neden olmuş ve hücre morfolojisini değiştirmiştir. Ayrıca, mitokondriyal membran potansiyelini (MMP) artırmış, ATPaz ve dehidrojenaz aktivitelerini azaltmış ve glikoz kaynaklı pH düşüşünü engellemiştir. Bu mitokondriyal disfonksiyon, reaktif oksijen türleri (ROS) birikimine yol açarak hücre canlılığını azaltmıştır. L-sistein eklenmesiyle ROS etkisinin önlenmesi, ROS'un antifungal mekanizmadaki önemli rolünü doğrulamaktadır (Tian ve ark., 2011).. Esansiyel yağların antifungal etki mekanizmaları arasında hücre zarı bütünlüğünün bozulması, hücre içi pH'nın değişmesi ve ATP üretiminin engellenmesi yer almaktadır (Prakash ve ark., 2012). Bununla birlikte, esansiyel yağların etkinliği hedef patojene göre değişiklik gösterebilmektedir (Kishore ve ark., 2007). Sonuç olarak, esansiyel yağlar, sentetik fungusitlere alternatif olarak sürdürülebilir tarım uygulamalarında kullanılabilecek doğal antifungal ajanlar olarak öne çıkmaktadır.

Uçucu yağlar farklı fitopatojen mikroorganizmalar üzerine gelişimi engelleyici etkiye sahiptir. Çok sayıda çalışma bitki hastalıklarının kontrolünde kimyasal ilaçlara göre çevre dostu organik kaynaklar olmalarından dolayı uçucu yağların kullanımına odaklanmıştır. Öğrek otu da güçlü antifungal etkiye sahip bitkisel kaynaklardan biridir. Başka bir çalışmada, Türkiye'de yetişen *H. platytenium* Boiss. türünün havai kısımlarından (gövde, yaprak, çiçek ve meyve gibi toprak üstünde bulunan bölümleri) elde edilen uçucu yağın bileşimi GC-MS yöntemiyle belirlenmiştir. Uçucu yağın %95,24'ünü oluşturan 22 bileşen tespit edilmiştir. Yağın ana bileşenleri oktil asetat (%85,53), oktil hekzanoat (%3,06), (Z)-4-oktenil asetat (%1,60) ve oktil oktanoat (%1,24) olarak bulunmuştur. Bu çalışmada, ayrıca, *H. platytenium* uçucu yağının çeşitli maya ve bakteri türlerine karşı antimikrobiyal aktivitesi disk difüzyon yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Ekstrakt, *Candida glabrata* üzerinde 12-32 mm arasında değişen inhibisyon zonları ile güçlü bir antimikrobiyal aktivite göstermiştir. Buna karşın, test edilen tüm bakterilerin büyümesi ekstraktan etkilenmemiştir. Sonuç olarak, bu çalışma *H. platytenium* uçucu yağının doğal bir antikandida kaynak olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir (Akcın ve ark., 2013).

Başka bir çalışmada *H. platytenium* uçucu yağının çeşitli bitki patojenleri üzerindeki antifungal etkileri araştırılmıştır. Yapılan bileşen analizi sonucunda, uçucu yağın 12 farklı bileşen içerdiği belirlenmiş olup, ana bileşenler myristicin (%27,47) ve octyl acetate (%25,10) olarak tespit edilmiştir. Deneyler sonucunda, 10 µl uçucu yağın *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani* ve *Sclerotinia sclerotiorum* türlerinin büyümesini tamamen inhibe ettiği görülmüştür. Çeşitli patojenler için etkili konsantrasyon (LC90) değerleri belirlenmiştir. Çalışmada, bu yağın bitki hastalıklarıyla mücadelede doğal bir alternatif olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir (Bayan ve ark., 2016).

Bu çalışmada, öğrek otu uçucu yağının *Alternaria alternata*'ya karşı antifungal etkisi, ekstraksiyon yılına bağlı olarak değerlendirilmiştir. Tablo 1'de sunulan verilere göre, uçucu yağın farklı konsantrasyonları fungusun miselisel gelişimini baskılamış ve artan dozlarla birlikte inhibisyon oranlarında belirgin bir artış gözlenmiştir. Özellikle 20 µL dozu, her iki ekstraksiyon yılında da en yüksek inhibisyon oranlarını sağlamış olup, 2022 yılına ait uçucu yağ %76,6 - %75,5 oranlarında inhibisyon gösterirken, 2021 yılına ait yağ %77,7 - %86,6 arasında değişen oranlarda antifungal etki sergilemiştir. Bu durum, uçucu yağın biyolojik aktivitesinin ekstraksiyon yılına bağlı olarak değişebileceğini ve farklı yıllarda elde edilen örneklerde bileşen miktarlarının farklılık gösterebileceğini düşündürmektedir. Literatürde bu uçucu yağ üzerine yapılmış neredeyse hiçbir çalışma bulunmadığından, bu çalışmamızın özgün ve güncel olduğunu göstermektedir.

Daha düşük konsantrasyonlarda (5 µL ve 10 µL) ise inhibisyon etkisinin belirgin olduğu ancak maksimum düzeye ulaşmadığı görülmüştür. 5 µL dozunda %27,7 - %35,5, 10 µL dozunda ise %31,1 - %62,2 arasında değişen inhibisyon değerleri kaydedilmiştir. Bu bulgular, doz bağımlı bir antifungal etkinin varlığını ortaya koymakta ve özellikle yüksek konsantrasyonlarda uçucu yağın güçlü bir biyofungisit olabileceğini desteklemektedir. Çalışma kapsamında elde edilen veriler Tablo 1 ve Tablo 2'de sunulmuştur.

Türün farklı yıllarda ve dozlarda uygulanan uçucu yağı ile dozylıl interaksyonu *A. alternata*'ya karşı antifungal etkisi istatistiksel olarak ($p < 0.01$) önemli bulunmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Ekstraksiyon yılına bağlı olarak elde edilen *H. platytenium* uçucu yağının antifungal aktivitesine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Yıl	1	202.8	202.8	30.88**
Doz	4	25647.2	6411.8	976.42**
Yıl x Doz	4	460.53	115.13	17.53**
Hata	20	131.3	6.67	
Genel	29			
Cv	5.1			



H. platytaenium türünün 2021 yılı meyvelerinden elde edilen uçucu yağı 47.5 mm inhibisyon çapına sahip olurken 2022 yılında elde edilen yağı 52.7 mm çapa sahip olmuştur. Farklı dozlarda uygulanan *H. platytaenium* uçucu yağında en düşük antifungal etki 5 µL uygulamasında 69.7 mm olurken doz artışına bağlı olarak antifungal etki artarak 20 µL uygulamasında 29.3 mm olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Ekstraksiyon yılına bağlı olarak elde edilen *H. platytaenium* uçucu yağının antifungal aktivitesini gösteren miseliyal ölçümler

	Negatif Kontrol	Pozitif Kontrol	5 µL	10 µL	20 µL	Ortalama
2021	90 a	8.0 f	68.7 b	44.7 d	26.0 e	47.5 B
2022	90 a	8.0 f	70.1 bc	65.3 c	29.3 e	52.7 A
Ortalama	90 A	8 E	69.7 C	55.0 C	27.7 D	
Lsd _{yıl} :1.95	Lsd _{doz} : 3.09	Lsd _{yılxdoz} : 4.58				

Ek olarak, farklı ekstraksiyon yıllarına ait uçucu yağlar karşılaştırıldığında, 2021 yılına ait örneklerin inhibisyon etkisinin genel olarak daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu farklılık, uçucu yağın kimyasal bileşiminin çevresel faktörlerden, hasat zamanından veya depolama koşullarından etkilenebileceğini göstermektedir. Uçucu yağın ana bileşenleri arasında bulunan n-oktil asetat, apiyol ve elemisin gibi fitokimyasal bileşiklerin antifungal etkiye katkıda bulunabileceği düşünülmektedir (Kılıç ve ark., 2016; Karan ve Genc, 2018).

Sonuç olarak, *H. platytaenium* uçucu yağı, *A. alternata*'nın misel gelişimini baskılayarak bitki hastalıklarıyla biyolojik mücadelede alternatif bir antifungal ajan olarak değerlendirilebilir. Ancak, bileşen profili ve etkinliği üzerinde ekstraksiyon yılı, çevresel faktörler ve doz gibi değişkenlerin etkili olduğu görülmektedir. Gelecekteki çalışmalar, bu faktörlerin uçucu yağın antifungal aktivitesi üzerindeki etkilerini daha detaylı incelemeli ve farklı patojen türleri ile genişletilmelidir.

Kaynaklar

- Akcin, A., Seyis, F., Akcin, T. A., Cayci, Y. T., & Coban, A. Y. (2013). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of endemic *Heracleum platytaenium* Boiss. from Turkey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(2), 166-171.
- Bahadori, M. B., Dinparast, L., & Zengin, G. (2016). The genus *Heracleum*: A comprehensive review on its phytochemistry, pharmacology, and ethnobotanical values as a useful herb. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(6), 1018-1039.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475.
- Bayan, Y., Yilar, M., & Onaran, A. (2016). Antifungal activity and chemical composition of the essential oil of *Heracleum platytaenium* boiss's. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(2), 237-240.
- Benjlali, B., Tantaoui-Elaraki, A., Ayadi, A., & Ihlal, M. (1984). Method to study antimicrobial effects of essential oils: application to the antifungal activity of six Moroccan essences. *Journal of Food Protection*, 47(10), 748-752.
- Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), 1402-1419.
- Deans SG, Sobada KP. 1990. Antimicrobial Properties of Marjoram (*Origanum marjorana* L.) Volatile Oil. *Flavour Fragr. J.* 5:187-190.
- Firuzi, O., Asadollahi, M., Gholami, M., & Javidnia, K. (2010). Composition and biological activities of essential oils from four *Heracleum* species. *Food Chemistry*, 122(1), 117-122.
- Iscan, G., Ozek, T., Ozek, G., Duran, A., & Baser, K. H. C. (2004). Essential oils of three species of *Heracleum*. Anticandidal activity. *Chemistry of Natural Compounds*, 40, 544-547.
- Isman, M. B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*, 19(8-10), 603-608.
- Karan, T., & Genc, N. (2018). Antioxidant activities of *Heracleum platytaenium* extracts and essential oil. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(9), 1274-1278.
- Kılıç, C. S., Demirci, B., Coşkun, M., & Başer, K. H. C. (2016). Chemical Composition of *Heracleum platytaenium* Boiss.(Apiaceae) essential oil from Turkey. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 3(4), 13-23.
- Kishore, G. K., Pande, S., & Harish, S. (2007). Evaluation of essential oils and their components for broad-spectrum antifungal activity and control of late leaf spot and crown rot diseases in peanut. *Plant Disease*, 91(4), 375-379.
- Pimenov, M. G., & Leonov, M. V. (2004). The Asian Umbelliferae biodiversity database (ASIUM) with particular reference to South-West Asian taxa. *Turkish Journal of Botany*, 28(1-2), 139-145.





- Pina-Vaz, C., Gonçalves Rodrigues, A., Pinto, E., Costa-de-Oliveira, S., Tavares, C., Salgueiro, L., Cavaleiro, C., Gonçalves, M. J., & Martinez-de-Oliveira, J. (2004). Antifungal activity of Thymus oils and their major compounds. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 18(1), 73-78.
- Prakash, B., Singh, P., Kedia, A., & Dubey, N. K. (2012). Assessment of some essential oils as food preservatives based on antifungal, antiaflatoxin, antioxidant activities and in vivo efficacy in food system. *Food Research International*, 49(1), 201-208.
- Šernaitė, L., Rasiukevičiūtė, N., & Valiuškaitė, A. (2020). The extracts of cinnamon and clove as potential biofungicides against strawberry grey mould. *Plants*, 9(5), 613.
- Strange, R. N., & Scott, P. R. (2005). Plant disease: A threat to global food security. *Annual Review of Phytopathology*, 43, 83-116.
- Sukatta, U., Haruthaithanasan, V., Chantarapanont, W., Dilokkunanant, U., & Suppakul, P. (2008). Antifungal activity of clove and cinnamon oil and their synergistic against postharvest decay fungi of grape in vitro. *Kasetsart Journal (Natural Science)*, 42, 169-174.
- Thomma, B. P. (2003). *Alternaria* spp.: From general saprophyte to specific parasite. *Molecular Plant Pathology*, 4(4), 225-236.
- Tian, J., Ban, X., Zeng, H., He, J., Chen, Y., & Wang, Y. (2011). The mechanism of antifungal action of essential oil from dill (*Anethum graveolens* L.) on *Aspergillus flavus*. *PloS One*, 6(1), e30147.
- Wang, S. Y., Chen, P. F., & Chang, S. T. (2005). Antifungal activities of essential oils and their constituents from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) leaves against wood decay fungi. *Bioresource Technology*, 96(7), 813-818.

