

**Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis
terhadap Fungi Patogen Penyebab Kerusakan pada Buah
*Citrus nobilis***

SKRIPSI



**Vina Evianti Ririassa
31170092**

**PRODI BIOLOGI
FAKULTAS BIOTEKNOLOGI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA
2021**

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI/TESIS/DISERTASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Kristen Duta Wacana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vina Evianti Ririassa
NIM : 31170092
Program studi : Biologi
Fakultas : Bioteknologi
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Kristen Duta Wacana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis terhadap Fungi Patogen
Penyebab Kerusakan pada Buah *Citrus nobilis*”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Kristen Duta Wacana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada Tanggal : 02 November 2021

Yang menyatakan



(Vina Evianti Ririassa)
NIM: 31170092

**Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis
terhadap Fungi Patogen Penyebab Kerusakan pada Buah
*Citrus nobilis***

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Sains (S.Si.)
pada Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana



**Vina Evianti Ririassa
31170092**

**Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
Yogyakarta
2021**

**LEMBAR PENGESAHAN NASKAH
SKRIPSI**

Judul : Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis
terhadap Fungi Patogen Penyebab Kerusakan pada Buah
Citrus nobilis

Nama Mahasiswa : Vina Evianti Ririassa

NIM : 31170092

Hari/Tgl Ujian : Sabtu, 30 Oktober 2021

Disetujui oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,



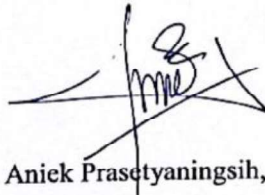
(Dr. Dhira Satwika, M.Sc.)

(Catarina Aprilia Ariestanti, S.T.P., M.Sc.)

NIK : 904 E 146

NIK : 194 KE 422

Ketua Program Studi,



(Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si.)

NIK : 884 E 075

Lembar Pengesahan

Skripsi dengan judul:

Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis terhadap Fungi Patogen
Penyebab Kerusakan pada Buah (*Citrus nobilis*)

telah diajukan dan dipertahankan oleh:

Vina Evianti Ririassa

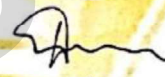
31170092

dalam Ujian Skripsi Program Studi Biologi
Fakultas Bioteknologi
Universitas Kristen Duta Wacana
dan dinyatakan DITERIMA untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains pada tanggal

Nama Dosen

Tanda Tangan

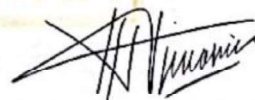
1. Dr. Dhira Satwika, M.Sc. :
(Dosen Pembimbing I/Dosen Penguji I)



2. Catarina Aprilia Ariestanti, S.T.P., M.Sc. :
(Dosen Pembimbing II/Dosen Penguji II)



3. Prof. Dr. Kris Herawan Timotius.
(Dosen Penguji/ Ketua Tim Penguji)

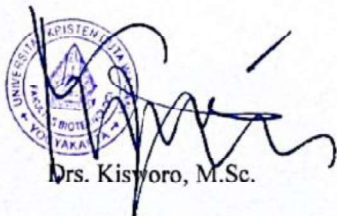


Yogyakarta, 30 Oktober 2021

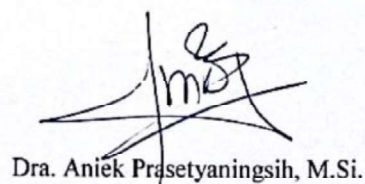
Disahkan oleh:

Dekan,

Ketua Program Studi,



Drs. Kisyoero, M.Sc.



Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si.

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Vina Evianti Ririassa

NIM : 31170092

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis terhadap Fungi Patogen Penyebab Kerusakan pada Buah (*Citrus nobilis*)

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau sepenuhnya dari karya orang lain, yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, Oktober 2021



(Vina Evianti Ririassa)

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur dan kemuliaan penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, kerana berkat, kemurahan dan kasih karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul : “**Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis terhadap Fungi Patogen Penyebab Kerusakan pada Buah *Citrus nobilis***”. Selama proses penelitian hingga penulisan skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bimbingan, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak, oleh karena itu izinkan penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Dhira Satwika, M.Sc., selaku dosen pembimbing pertama atas bimbingan, ilmu, dan kesabarannya dalam membimbing penulis selama proses penelitian sampai dengan penyelesaian skripsi ini.
2. Catarina Aprilia Ariestanti, S.T.P., M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua atas bimbingan dan kesabarannya dalam membimbing penulis hingga proses skripsi ini selesai.
3. Prof. Dr. Kris Herawan Timotius selaku dosen penguji atas saran, dan masukannya dalam penyempurnaan skripsi ini.
4. Jajaran dosen, laboran, dan staf admin Fakultas Bioteknologi UKDW, yang sudah memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, dan pengalaman berharga bagi penulis selama berada dalam proses perkuliahan.
5. Kedua orang tua terkasih, Johan Ririassa dan Rode Roos Pattikawa yang selalu menjadi penopang, memberikan dukungan dan menjadi tiang doa bagi penulis untuk melewati segala proses sampai dapat menyelesaikan skripsi ini, kelima kakak, Santo Ririassa, Yan Ririassa, Randy Ririassa, Filmon Ririassa, Penli Ririassa dan keluarga besar Ririassa-Pattikawa yang selalu memberikan semangat bagi penulis.
6. Livia Teja Laksmana, sebagai *partner* penulis dalam segala proses untuk berbagi permasalahan, sukacita, dan bersama-sama berjuang dari awal penelitian sampai penyelesaian skripsi ini.
7. Sahabat-sahabat terdekat penulis, Angella Ayu, Angel Christy D, Valdo Tuapetel, yang sudah seperti keluarga selalu memberikan dukungan, penghiburan, dan bersama dengan penulis dalam keadaan susah maupun senang sampai proses penyelesaian skripsi ini.
8. Teman-teman terkasih Bioteknologi angkatan 2017 yang sudah memberikan pengalaman yang berarti dan keceriaan selama penulis menempuh proses perkuliahan.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, atas semua bantuan bagi penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat memotivasi ilmuan muda untuk berkarya dan mengembangkan ilmu pengetahuan bagi kesejahteraan masyarakat.

Yogyakarta, November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI.....	ii
Lembar Pengesahan	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Jeruk Medan (<i>Citrus nobilis</i>).....	3
2.2. Antagonisme	3
2.3. Yeast Antagonis	4
2.4. Fungi Pembusuk.....	5
2.5. Analisis Molekuler	6
BAB III METODOLOGI.....	7
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	7
3.2. Koleksi Sampel	7
3.2. Isolasi Fungi dan Yeast	7
3.3. Karakterisasi Morfologis.....	8
3.3.1. Makroskopis.....	8
3.3.2. Mikroskopis	8
3.4. Uji Antagonistik	8
3.4.1. <i>Eclipse Assay</i>	8

3.4.2. Uji Antibiosis	8
3.5. Isolasi DNA	9
3.5.1. Isolasi DNA yeast.....	9
3.5.2. Isolasi DNA Fungi	10
3.5.3. Elektroforesis	10
3.6. Uji Molekuler	10
3.6.1. PCR (<i>Polymerase Chain Reaction</i>)	10
3.6.2. Konstruksi <i>phylogenetic tree</i>	11
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1. Isolasi dan Karakterisasi.....	12
4.1.1. Isolasi, karakterisasi makroskopis dan mikroskopis fungi	14
4.1.2. Isolasi, karakterisasi makroskopis dan mikroskopis yeast.	16
4.2. Uji Antagonistik	18
4.2.1. <i>Eclipse assay</i>	18
4.2.2. Uji antibiosis	20
4.3. Analisis Molekuler	22
4.3.1. Isolasi DNA fungi dan yeast.....	22
4.3.2. Analisis sekuen isolat fungi dan yeast	24
4.3.3. Analisis hasil pohon filogenetik isolat fungi dan yeast	28
BAB V.....	37
KESIMPULAN	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. PCR <i>master mix</i>	11
Tabel 2. Kondisi PCR <i>primer ITS</i>	11
Tabel 3. Hasil pengamatan karakteristik makroskopis dan mikroskopis isolat fungi	16
Tabel 4. Karakter makroskopis dan mikroskopis yeast	17
Tabel 5. Hasil uji antagonis 2 isolat yeast terhadap 2 isolat fungi	19
Tabel 6. Sekuen DNA isolat fungi dan yeast	24
Tabel 7. Hasil BLAST 10 isolat terhadap fungi F1	25
Tabel 8. Hasil BLAST 10 isolat terhadap fungi F2	26
Tabel 9. Hasil BLAST 10 isolat terhadap yeast YB3B	27
Tabel 10. Hasil BLAST 10 isolat terhadap yeast YB4B	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Gambar buah jeruk Medan (<i>Citrus nobilis</i>)	3
Gambar 2. Tampilan sampel jeruk medan segar dan busuk	13
Gambar 3. Tampilan makroskopis isolat fungi	14
Gambar 4. Morfologi mikroskopis isolat fungi F1 dan F2	15
Gambar 5. Tampilan makroskopis isolat yeast YB3B dan YB4B	18
Gambar 6. Tampilan mikroskopis isolat yeast YB3B dan YB4B	18
Gambar 7. Hasil uji <i>eclipse assay</i>	19
Gambar 8. Uji antibiosis yeast YB3B dan YB4B terhadap fungi F1 dan F2	20
Gambar 9. Elektroforesis hasil isolasi DNA isolat F1, F2, YB3B, dan YB4B	22
Gambar 10. Hasil <i>PCR</i> isolat fungi dan yeast dengan <i>primer ITS</i>	23
Gambar 11. <i>Phylogenetic tree</i> isolat fungi F1 dengan 30 <i>hits</i> data BLAST	29
Gambar 12. <i>Phylogenetic tree</i> isolat fungi F2 dengan 33 <i>hits</i> data BLAST	30
Gambar 13. <i>Phylogenetic tree</i> isolat yeast YB3B dengan 36 <i>hits</i> data BLAST	33
Gambar 14. <i>Phylogenetic tree</i> isolat yeast YB4B dengan 32 <i>hits</i> data BLAST	34

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil BLAST dan <i>graphic summary</i> isolat F1	43
Lampiran 2. Hasil BLAST dan <i>graphic summary</i> isolat F2	47
Lampiran 3. Hasil BLAST dan <i>graphic summary</i> isolat YB3B	52
Lampiran 4. Hasil BLAST dan <i>graphic summary</i> isolat YB4B	56

©UKDW

Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis terhadap Fungi Patogen Penyebab Kerusakan pada Buah *Citrus nobilis*

Vina Evianti Ririassa
31170092

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara tropis yang mendukung pertumbuhan dan budidaya tanaman jeruk, salah satu buah jeruk lokal yang diminati adalah *Citrus nobilis* yang sering dikenal sebagai jeruk Medan. Infeksi jamur masih menjadi masalah utama penyakit pasca panen pada jeruk, dan pengendalian hayati dengan memanfaatkan kemampuan antagonis telah dikembangkan. Yeast antagonis yang diisolasi dari buah jeruk merupakan agen biologis yang menjanjikan untuk mengendalikan pertumbuhan jamur patogen penyebab kerusakan. Penelitian ini dilakukan untuk mengisolasi jamur patogen dari buah jeruk dan yeast antagonis dari sampel yang sama. Sampel buah diperoleh dari petani jeruk organik di Medan; jeruk rusak digunakan untuk isolasi jamur sedangkan yeast diisolasi dari buah segar dan rusak. Setelah beberapa langkah isolasi dan seleksi, dua jamur dominan ditemukan dari buah rusak. Identifikasi molekuler menggunakan ITS sebagai penanda genetik mengungkapkan jamur patogen penyebab kerusakan pada buah jeruk Medan teridentifikasi sebagai *Talaromyces islandicus* dan *Aspergillus niger*. Pendekatan yang sama juga dilakukan untuk mengidentifikasi dua yeast dominan dan diidentifikasi masing-masing sebagai *Meyerozyma caribbica* dan *Meyerozyma guilliermondii*. Pertumbuhan kedua jamur dihambat oleh masing-masing yeast, menunjukkan penghambatan hingga 50% sehingga dapat menjadi aplikasi yang menjanjikan dari yeast antagonis sebagai agen biokontrol untuk melawan jamur patogen pada buah jeruk.

Kata kunci: biokontrol, *Citrus nobilis*, fungi patogen, ITS, yeast antagonis

Isolation and Molecular Identification of Antagonist Yeast against Fungal Pathogens that Cause Decay in *Citrus nobilis*

Vina Evianti Ririassa

31170092

ABSTRACT

Indonesia is a tropical country that supports the growth and cultivation of citrus plants, one of the local citrus fruits that is in demand is *Citrus nobilis* which is often known as Medan orange. Fungal infections are still the main problem of post-harvest disease in oranges, and biological control exploiting antagonistic ability has been developed. Antagonistic yeasts isolated from orange fruit is a promising biological agent to control the growth of pathogenic fungi. This study was conducted to isolate pathogenic fungi from orange fruit and the antagonistic yeast from the same sample. Fruit samples were obtained from orange's farmer in Medan; rotten oranges were used for fungi isolation while yeast(s) were isolated from fresh and rotten fruits. After several isolation and selection steps, two dominant fungi were recovered from the rotten fruits. Molecular identification employing ITS as a genetic marker revealed the fungi as *Talaromyces islandicus* and *Aspergillus niger*, respectively. The same approach was also done to identify the two dominant yeasts and identified as *Meyerozyma caribbica* and *Meyerozyma guilliermondii*, respectively. The growth of both fungi was inhibited by each yeast, showing the inhibition of up to 50% implying the promising application of antagonistic yeast as biocontrol agent to fight pathogenic fungi.

Keywords: antagonistic yeast, biocontrol, *Citrus nobilis*, ITS, pathogenic fungi

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis dimana berbagai jenis jeruk atau *Citrus* banyak dijumpai dan dibudidayakan bahkan beberapa jenis jeruk tersebut telah menjadi unggulan daerah maupun nasional. Buah jeruk merupakan salah satu jenis buah yang digemari oleh masyarakat Indonesia, beberapa sub genus *Citrus* yang telah banyak dibudidayakan dan dikomersialkan di Indonesia antara lain jeruk manis, jeruk keprok, jeruk besar, jeruk lemon, jeruk nipis, *grapefruit*, dan sitrun (Martasari & Mulyanto, 2008).

Salah satu buah jeruk lokal yang diminati adalah *Citrus nobilis* yang sering dikenal dipasaran sebagai jeruk Medan. Jeruk Medan atau jeruk siam merupakan anggota dari kelompok jeruk keprok yang memiliki nama ilmiah *Citrus nobilis*, yang memiliki nilai ekonomis tinggi dikarenakan jumlah konsumsi masyarakat dan permintaan pasar yang besar. Data pada tahun 2018 diketahui jumlah perolehan hasil panen buah jeruk di seluruh wilayah Indonesia mencapai 2,41 juta ton dan jeruk menduduki peringkat 3 besar sebagai komoditas unggul buah-buahan tahunan Indonesia dalam tiga tahun terakhir (BPS Indonesia, 2018). Namun seringkali juga terjadi kerugian yang disebabkan karena adanya kerusakan yang membuat jeruk mengalami pembusukan. Buah jeruk seringkali mengalami kerusakan pada masa pasca panen disebabkan oleh adanya infeksi oleh fungi (Palou, 2009). Permukaan kulit buah jeruk biasanya cukup asam, dalam kisaran pH 2,2-4 sehingga menjadi lingkungan yang optimal bagi mikroorganisme yang tahan terhadap asam, salah satunya adalah fungi (Talibi *et al.*, 2014).

Pengendalian secara biologis dengan memanfaatkan kemampuan antagonisme mikroorganisme lain telah dikembangkan. Beberapa mikroorganisme dari kelompok bakteri, yeast, fungi diketahui memiliki sifat antagonis. Penanganan kerusakan pada buah yang disebabkan oleh jamur sudah sering dilakukan menggunakan yeast. Hal ini disebabkan karena yeast memiliki karakteristik yang

menjadikannya agen biokontrol jamur patogen yang ideal, terutama karena mereka jarang menghasilkan mikotoksin atau zat antibiotik yang dapat meninggalkan residu dalam buah-buahan sehingga tetap aman untuk dikonsumsi (Droby *et al.*, 2002; Gamagae *et al.*, 2004; ; Zhang *et al.*, 2005).

Yeast yang memiliki sifat antagonis dapat dimanfaatkan sebagai agen biokontrol pengendali patogen fungi pada buah jeruk. Banyak penelitian telah melaporkan terkait pengendalian fungi patogen penyebab pembusukan oleh yeast antagonis pada buah jeruk. Dilaporkan *Candida guilliermondii* dan *Debaryomyces hansenii* diketahui mampu melawan pertumbuhan fungi *Penicillium digitatum* pada jeruk bali, *Candida oleophila* dikembangkan sebagai biofungisida selektif untuk pengendalian patogen jeruk pascapanen, informasi lainnya ditemukan 437 yeast yang disolasi dari beberapa jeruk, 8,5% hasilnya menunjukkan fenotipe sebagai *killer yeast* yang potensial digunakan sebagai agen biokontrol (Perez *et al.*, 2016).

Berdasarkan hal tersebut diharapkan dari penelitian ini dapat dilakukan isolasi dan identifikasi yeast antagonis bagi fungi patogen penyebab pembusukan pada buah jeruk dalam hal ini jeruk Medan yang merupakan salah satu jeruk lokal di Indonesia, dan melihat interaksi antara yeast antagonis yang berpotensi sebagai biokontrol pada buah jeruk.

1.2. Rumusan Masalah

Pembusukan pada buah jeruk seringkali terjadi karena adanya infeksi oleh jamur patogen. Yeast antagonis merupakan salah satu alternatif dalam mengatasi permasalahan tersebut karena menggunakan pendekatan biologis yang lebih ramah lingkungan.

1.3. Tujuan

Mendapatkan isolat yeast antagonis dan fungi patogen penyebab pembusukan pada buah jeruk, mengidentifikasi masing-masing isolat yang didapatkan secara molekuler.

1.4. Manfaat

Mengetahui kemungkinan interaksi yeast antagonis terhadap fungi patogen penyebab pembusukan pada buah jeruk.

BAB V

KESIMPULAN

Pada penelitian ini berhasil ditemukan yeast antagonis yang dapat menghambat pertumbuhan fungi patogen pada buah jeruk Medan. Yeast antagonis teridentifikasi sebagai *Meyerozyma caribbica* dan *Meyerozyma guillermondii*, sedangkan fungi patogen penyebab pembusukan pada jeruk Medan teridentifikasi sebagai *Talaromyces islandicus* dan *Aspergillus niger*.

©UKDWN

DAFTAR PUSTAKA

- Adebajo, L., & Popoola, O. J. (2003). Mycoflora and mycotoxins in kolanuts during storage. *African Journal of Biotechnology*, 2, 365–368. <https://doi.org/10.5897/AJB2003.000-1075>
- Agirman, B., & Erten, H. (2020). Biocontrol ability and action mechanisms of *Aureobasidium pullulans* GE17 and *Meyerozyma guilliermondii* KL3 against *Penicillium digitatum* DSM2750 and *Penicillium expansum* DSM62841 causing postharvest diseases. *Yeast*, 37(9–10), 437–448. <https://doi.org/10.1002/yea.3501>
- Alasmar, R., Ul-Hassan, Z., Zeidan, R., Al-Thani, R., Al-Shamary, N., Alnaimi, H., Migheli, Q., & Jaoua, S. (2020). Isolation of a Novel *Kluyveromyces marxianus* Strain QKM-4 and Evidence of Its Volatilome Production and Binding Potentialities in the Biocontrol of Toxigenic Fungi and Their Mycotoxins. *Journal of American Chemical Society Omega*, 5(28), 17637–17645. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02124>
- Arrebola, E., Sivakumar, D., Bacigalupo, R., & Korsten, L. (2010). Combined application of antagonist *Bacillus amyloliquefaciens* and essential oils for the control of peach postharvest diseases. *Crop Protection*, 29(4), 369–377. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.08.001>
- Balbi, H. (2004). Chloramphenicol - A Review. *Pediatrics in Review / American Academy of Pediatrics*, 25, 284–288. <https://doi.org/10.1542/pir.25-8-284>
- Barral, B., Chillet, M., Doizy, A., Grassi, M., Ragot, L., Léchaudel, M., Durand, N., Rose, L. J., Viljoen, A., & Schorr-Galindo, S. (2020). Diversity and toxigenicity of fungi that cause pineapple fruitlet core rot. *Toxins*, 12(5), 1–16. <https://doi.org/10.3390/toxins12050339>
- Barrios, M. J., Medina, L. M., Cordoba, M. G., & Jordano, R. (1997). Aflatoxin-Producing Strains of *Aspergillus flavus* Isolated from Cheese. *Journal of Food Protection*, 60(2), 192–194. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-60.2.192>
- Bashir, M., A. Hamza, F., & Pukuma, M. S. (2020). Postharvest Fungal Spoilage of Some Citrus Fruits. *Bioengineering and Bioscience*, 7(1), 10–14. <https://doi.org/10.13189/bb.2020.070102>
- Bautista-Rosales, P. U., Calderon-Santoyo, M., Servín-Villegas, R., Ochoa-Álvarez, N. A., & Ragazzo-Sánchez, J. A. (2013). Action mechanisms of the yeast *Meyerozyma caribbica* for the control of the phytopathogen *Colletotrichum gloeosporioides* in mangoes. *Biological Control*, 65(3), 293–301. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.03.010>
- Cordero-Bueso, G., Mangieri, N., Maghradze, D., Foschino, R., Valdetara, F., Cantoral, J. M., & Vigentini, I. (2017). Wild Grape-Associated Yeasts as Promising Biocontrol Agents against *Vitis vinifera* Fungal Pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2025. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02025>

- De Marco, L., Epis, S., Capone, A., Martin, E., Bozic, J., Crotti, E., Ricci, I., & Sasser, D. (2018). The Genomes of Four *Meyerozyma caribbica* Isolates and Novel Insights into the *Meyerozyma guilliermondii* Species Complex. *G3-Genes Genomes Genetics*, 8, g3.300316.2017. <https://doi.org/10.1534/g3.117.300316>
- Díaz, M. A., Pereyra, M. M., Picón-Montenegro, E., Meinhardt, F., & Dib, J. R. (2020). Killer yeasts for the biological control of postharvest fungal crop diseases. *Microorganisms*, 8(11), 1–14. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8111680>
- Dukare, A. S., Paul, S., Nambi, V. E., Gupta, R. K., Singh, R., Sharma, K., & Vishwakarma, R. K. (2019). Exploitation of microbial antagonists for the control of postharvest diseases of fruits: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9), 1498–1513. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1417235>
- Freimoser, F. M., Rueda-Mejia, M. P., Tilocca, B., & Migheli, Q. (2019). Biocontrol yeasts: mechanisms and applications. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35(10), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2728-4>
- Glushakova, A. M., & Chernov, I. (2009). Yeast communities dynamics in fruits of hedge rose (*Rosa canina* L.). *Mikologiya I Fitopatologiya*, 43, 193–199.
- Golubev, W. I. (2006). Antagonistic Interactions Among Yeasts. In G. Péter & C. Rosa (Eds.), *Biodiversity and Ecophysiology of Yeasts* (pp. 197–219). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-30985-3_10
- Grzegorzczak, M., Żarowska, B., Restuccia, C., & Cirvilleri, G. (2017). Postharvest biocontrol ability of killer yeasts against *Monilinia fructigena* and *Monilinia fructicola* on stone fruit. *Food Microbiology*, 61, 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.09.005>
- Heydari, A., & Pessarakli, M. (2010). A Review on Biological Control of Fungal Plant Pathogens Using Microbial Antagonists. *Journal of Biological Sciences*, 10. <https://doi.org/10.3923/jbs.2010.273.290>
- Hidayat, T., & Pancoro, A. (2016). Kajian Filogenetika Molekuler dan Peranannya dalam Menyediakan Informasi Dasar untuk Meningkatkan Kualitas Sumber Genetik Anggrek. *Jurnal AgroBiogen*, 4(1), 35. <https://doi.org/10.21082/jbio.v4n1.2008.p35-40>
- Iñiguez-Moreno, M., Ragazzo-Sánchez, J. A., Barros-Castillo, J. C., Sandoval-Contreras, T., & Calderón-Santoyo, M. (2020). Sodium alginate coatings added with *Meyerozyma caribbica*: Postharvest biocontrol of *Colletotrichum gloeosporioides* in avocado (*Persea americana* Mill. cv. Hass). *Postharvest Biology and Technology*, 163, 111123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111123>

- Kariodimedjo, P. P. (2018). "Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis terhadap Fungi Penyebab Pembusuk Buah Lemon". *Skripsi*. Fakultas Bioteknologi. Biologi. UKDW. Yogyakarta.
- Kennedy, W. P. U., Wallace, A. T., & Murdoch, J. M. C. (1963). Ampicillin in Treatment of Certain Gram-Negative Bacterial Infections. *British Medical Journal*, 2(5363), 962–965. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.5363.962>
- Liu, J., Sui, Y., Wisniewski, M., Droby, S., & Liu, Y. (2013). Review: Utilization of antagonistic yeasts to manage postharvest fungal diseases of fruit. *International Journal of Food Microbiology*, 167(2), 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.09.004>
- Liu, Z., Du, S., Ren, Y., & Liu, Y. (2018). Biocontrol ability of killer yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) isolated from wine against *Colletotrichum gloeosporioides* on grape. *Journal of Basic Microbiology*, 58(1), 60–67. <https://doi.org/10.1002/jobm.201700264>
- Lv, X., Zhao, S., Ning, Z., Zeng, H., Shu, Y., Tao, O., Xiao, C., Lu, C., & Liu, Y. (2015). Citrus fruits as a treasure trove of active natural metabolites that potentially provide benefits for human health. *Chemistry Central Journal*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s13065-015-0145-9>
- Mailafia, S., Okoh, G. R., Olabode, H. O. K., & Osanupin, R. (2017). Isolation and identification of fungi associated with spoiled fruits vended in Gwagwalada market, Abuja, Nigeria. *Veterinary World*, 10(4), 393–397. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.393-397>
- Mishra, A. K., & Dubey, N. K. (1994). Evaluation of some essential oils for their toxicity against fungi causing deterioration of stored food commodities. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(4), 1101–1105. <https://doi.org/10.1128/aem.60.4.1101-1105.1994>
- Mokhtari, M., Etebarian, H. R., Razavi, M., Heydari, A., & Mirhendi, H. (2012). Identification of Yeasts Isolated from Varieties of Apples and Citrus Using PCR-Fragment Size Polymorphism and Sequencing of ITS1-5.8S-ITS2 region. *Food Biotechnology*, 26(3), 252–265. <https://doi.org/10.1080/08905436.2012.698771>
- Navarro-Herrera, Y. Y., & Ortíz-Moreno, M. L. (2020). Yeast strains with antagonist activity against *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. and their phenotypic characterization. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00231-2>
- Nunes, C. A. (2012). Biological control of postharvest diseases of fruit. *European Journal of Plant Pathology*, 133(1), 181–196. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9919-7>
- Op De Beeck, M., Lievens, B., Busschaert, P., Declerck, S., Vangronsveld, J., &

- Colpaert, J. V. (2014). Comparison and validation of some ITS primer pairs useful for fungal metabarcoding studies. *PloS One*, *9*(6), e97629–e97629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097629>
- Palou, L. (2009). Control of citrus postharvest diseases by physical means. *Tree Forestry Sci. Biotechnology*, *3*(2), 127–142.
- Paster, N., Juven, B. J., Shaaya, E., Menasherov, M., Nitzan, R., Weisslowicz, H., & Ravid, U. (1990). Inhibitory effect of oregano and thyme essential oils on moulds and foodborne bacteria. *Letters in Applied Microbiology*, *11*(1), 33–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.1990.tb00130.x>
- Perez, M. F., Contreras, L., Garnica, N. M., Fernández-Zenoff, M. V., Farías, M. E., Sepulveda, M., Ramallo, J., & Dib, J. R. (2016). Native killer yeasts as biocontrol agents of postharvest fungal diseases in lemons. *PLoS ONE*, *11*(10), 87–98. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165590>
- Raja, H. A., Miller, A. N., Pearce, C. J., & Oberlies, N. H. (2017). Fungal Identification Using Molecular Tools: A Primer for the Natural Products Research Community. *Journal of Natural Products*, *80*(3), 756–770. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.6b01085>
- Samson Reenen-Hoekstra, Ellen S. van., R. A. (1988). *Introduction to food-borne fungi*. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Institute of the Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences.
- Schafhauser, T., Wibberg, D., Rückert, C., Winkler, A., Flor, L., van Pée, K. H., Fewer, D. P., Sivonen, K., Jahn, L., Ludwig-Müller, J., Caradec, T., Jacques, P., Huijbers, M. M. E., van Berkel, W. J. H., Weber, T., Wohlleben, W., & Kalinowski, J. (2015). Draft genome sequence of *Talaromyces islandicus* (“*Penicillium islandicum*”) WF-38-12, a neglected mold with significant biotechnological potential. *Journal of Biotechnology*, *211*, 101–102. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2015.07.004>
- Schafhauser, T., Kirchner, N., Kulik, A., Huijbers, M. M. E., Flor, L., Caradec, T., Fewer, D. P., Gross, H., Jacques, P., Jahn, L., Jokela, J., Leclère, V., Ludwig-Müller, J., Sivonen, K., Van Berkel, W. J. H., Weber, T., Wohlleben, W., & Van Pée, K. H. (2016). The cyclochlorotine mycotoxin is produced by the nonribosomal peptide synthetase CctN in *Talaromyces islandicus* (“*Penicillium islandicum*”). *Environmental Microbiology*, *18*(11), 3728–3741. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13294>
- Setiawan, B., & Suhendra, . (2014). Model Efisiensi Mesin Sortasi Jeruk (*Citrus nobilis*) Tipe Rotasi dengan Pendekatan Analisis Dimensi. *Positron*, *4*(1), 11–16. <https://doi.org/10.26418/positron.v4i1.7322>
- Stošić, S., Ristić, D., Savković, Ž., Ljaljević Grbić, M., Vukojević, J., & Živković, S. (2021). *Penicillium* and *Talaromyces* species as postharvest pathogens of pear fruit (*Pyrus communis* L.) in Serbia. *Plant Disease*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0037-RE>

- Sukmawati, D., Family, N., Hidayat, I., Sayyed, R. Z., Elsayed, E. A., Dailin, D. J., Hanapi, S. Z., Wadaan, M. A., & El Enshasy, H. (2021). Biocontrol activity of *Aureobasidium pullulans* and *Candida orthopsilosis* isolated from *Tectona grandis* l. Phylloplane against *Aspergillus* sp. in post-harvested citrus fruit. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(13), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su13137479>
- Talibi, I., Boubaker, H., Boudyach, E. H., & Ait Ben Aoumar, A. (2014). Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. *Journal of Applied Microbiology*, *117*(1), 1–17. <https://doi.org/10.1111/jam.12495>
- White, Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). White, T. J., T. D. Bruns, S. B. Lee, and J. W. Taylor. *Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA Genes for phylogenetics* (pp. 315–322).
- Xiaokang, Zhang & Li, Boqiang & Zhang, Zhanquan & Chen, Yong & Tian, Shiping. (2020). Antagonistic Yeasts: A Promising Alternative to Chemical Fungicides for Controlling Postharvest Decay of Fruit. *Journal of Fungi*. 6. 158. [10.3390/jof6030158](https://doi.org/10.3390/jof6030158).
- Yan, Y., Zheng, X., Apaliya, M. T., Yang, H., & Zhang, H. (2018). Transcriptome characterization and expression profile of defense-related genes in pear induced by *Meyerozyma guilliermondii*. *Postharvest Biology and Technology*, *141*, 63–70. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.03.011>
- Zajc, J., Gostinčar, C., Černoša, A., & Gunde-Cimerman, N. (2019). Stress-tolerant yeasts: Opportunistic pathogenicity versus biocontrol potential. *Genes*, *10*(1). <https://doi.org/10.3390/genes10010042>