

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI MOLEKULER YEAST
ANTAGONIS TERHADAP FUNGI PEMBUSUK BUAH LEMON**

SKRIPSI



**PINKAN PERTIWI KARIODIMEDJO
31140002**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS BIOTEKNOLOGI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA
2018**

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI MOLEKULER YEAST ANTAGONIS TERHADAP FUNGI PEMBUSUK BUAH LEMON

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



**PINKAN PERTIWI KARIODIMEDJO
31140002**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS BIOTEKNOLOGI
UNIVERSITAS KRISTEN DUTA WACANA
YOGYAKARTA
2018**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Pinkan Pertiwi Kariodimedjo

NIM : 31140002

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

“ISOLASI DAN IDENTIFIKASI MOLEKULER YEAST ANTAGONIS TERHADAP FUNGI PEMBUSUK BUAH LEMON”

adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya 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 terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Yogyakarta, 01/11/18

Tanda tangan



Pinkan Pertiwi Kariodimedjo

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI MOLEKULER
YEAST ANTAGONIS TERHADAP FUNGI PEMBUSUK BUAH LEMON

telah diajukan dan dipertahankan oleh :

PINKAN PERTIWI KARIODIMEDJO
31140002dalam 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 **19 Oktober 2018**

Nama Dosen

Tanda Tangan

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

: _____

2. Dr. Guntoro
(Dosen Pembimbing II/Dosen Penguji)

: _____

3. Dr. Budi Setiadi Daryono, M.Agr.Sc.
(Dosen Penguji/Ketua Tim Penguji)

: _____

Yogyakarta, 1 Nopember 2018

Disahkan oleh :

Dekan,

Ketua Program Studi



Drs. Kisworo, M.Sc.

Dra. Aniek Prasetyaningsih, M.Si.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan kasih karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Isolasi dan Identifikasi Molekuler Yeast Antagonis terhadap Fungi Pembusuk Buah Lemon**”. Proses penelitian hingga penulisan skripsi ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bimbingan, bantuan, dan motivasi dari berbagai pihak hingga selesainya skripsi ini, karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Dhira Satwika, M.Sc., selaku dosen pembimbing pertama atas dukungan, motivasi, ilmu dan kesabarannya dalam membimbing penulis selama proses penyelesaian skripsi,
2. Dr. Guntoro, selaku dosen pembimbing kedua atas saran dan arahnya selama penyelesaian skripsi ini,
3. Dr. Budi Setiadi Daryono, M.Agr.Sc., selaku dosen penguji atas koreksi dan masukannya dalam penyempurnaan skripsi ini.
4. Dosen-dosen dan staf admin Fakultas Bioteknologi UKDW, yang telah membimbing dan membagikan ilmu serta pengalaman yang berharga selama proses perkuliahan.
5. Laboran Fakultas Bioteknologi atas bantuan dan bimbingannya selama proses penelitian di laboratorium.
6. Kedua orang tua, Walter Soetjahjo K dan Ginsa Ruby K yang selalu mendorong penulis untuk melakukan yang terbaik dalam penelitian ini. Ketiga kakak, Bernardo Yudowibowo, David Yudoutomo dan Esseline Bunga, keluarga besar Kariodimedjo dan Luntungan tersayang yang selalu mendoakan dan memotivasi penulis selama proses studi sarjana.
7. Teman-teman dan orang-orang terkasih: Indriana N, Bela N, Deandra R, Luthfi R, Adiana JF, dan Sava A, yang menemani selama proses penelitian ini, kakak dan adik tingkat serta teman-teman Bioteknologi 2014 yang memberikan keceriaan dan pengalaman yang berarti selama penulis menempuh studi, dan Peter Togu Philip yang selalu memberikan dukungan moril selama proses penelitian ini hingga penulisan ini diselesaikan.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat dituliskan satu persatu, atas bantuan, kritik, motivasi dan dukungan yang telah diberikan.

Semoga tulisan ini dapat memotivasi ilmuwan muda untuk berkarya dan menjunjung tinggi perkembangan ilmu, sehingga dapat diimplementasikan untuk kesejahteraan masyarakat.

Yogyakarta, November 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
Abstrak	x
Abstract.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Antagonisme	3
2.2. Yeast Antagonis terhadap Fungi Pembusuk	3
2.3. Analisis Molekuler.....	4
BAB III METODOLOGI.....	7
1.1. Koleksi Sampel	7
1.2. Isolasi Fungi dan Yeast.....	7
1.3. Karakterisasi Morfologis	7
1.3.1. Makroskopis	7
1.3.2. Mikroskopis.....	7
1.4. Uji Antagonistik.....	7
1.4.1. <i>Eclipse assay</i>	7
1.4.2. Uji antibiosis.....	8
1.5. Analisis Molekuler.....	8
1.5.1. Isolasi DNA dan plasmid.....	8
1.5.2. Konstruksi <i>phylogenetic tree</i>	8
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	10
4.1. Isolasi dan Karakterisasi	10
4.1.1. Isolasi, karakterisasi makroskopis dan mikroskopis fungi	11
4.1.2. Isolasi, karakterisasi makroskopis dan mikroskopis yeast	13

4.2. Uji Antagonistik.....	14
4.2.1. <i>Eclipse assay</i>	15
4.2.2. Uji antibiosis.....	16
4.3. Analisis Molekuler.....	17
4.3.1. Isolasi DNA dan plasmid yeast	17
4.3.2. Analisis sekuen.....	18
4.3.3. Analisis <i>phylogenetic tree</i>	23
BAB V KESIMPULAN	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN	39

©UKDW

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. <i>PCR</i> Master mix	8
Tabel 2. Kondisi <i>PCR</i>	9
Tabel 3. Pengamatan karakteristik makroskopis dan mikroskopis fungi	12
Tabel 4. Karakter koloni yeast yang diperoleh dari sampel-sampel lemon.....	13
Tabel 5. Karakterisasi makroskopis dan mikroskopis isolat yeast	13
Tabel 6. Hasil uji antagonistik 5 isolat yeast antagonis terhadap 14 isolat fungi.....	15
Tabel 7. Hasil uji kualitas DNA sampel AY4, AY5 dan GG2 dengan spektrofotometri.....	18
Tabel 8. Sekuen DNA isolat GG2, AY4, dan AY5.....	20
Tabel 9. Hasil 10 <i>hit</i> tertinggi pada BLAST sekuen GG2.....	21
Tabel 10. Hasil 10 <i>hit</i> tertinggi pada BLAST sekuen AY4.....	22
Tabel 11. Hasil 10 <i>hit</i> tertinggi pada BLAST sekuen AY5.....	23
Tabel 12. Kemampuan antagonistik yeast terhadap fungi pembusuk pada buah.....	28
Tabel 13. Mode antagonistik pada kompleks spesies <i>Meyerozyma</i> yang diketahui.....	30

©UKDW

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Interaksi antagonistik antara <i>killer yeast</i> terhadap fungi patogen.	4
Gambar 2. Prinsip pembentukan untaian DNA	5
Gambar 3. Sampel lemon segar dan lemon busuk.....	10
Gambar 4. Penampakan koloni fungi berdasarkan warna	11
Gambar 5. Bentuk dan struktur hifa dari <i>Penicillium</i> sp.	12
Gambar 6. Penampakan makroskopis isolat AY4 dan AY5	14
Gambar 7. Penampakan mikroskopis isolat AY4 dan AY5	14
Gambar 8. Hasil uji <i>eclipse assay</i>	15
Gambar 9. Penampakan koloni isolat GG2 kontrol.....	16
Gambar 10. Uji antibiosis isolat fungi GG2 terhadap isolat AY4 dan AY5	17
Gambar 11. Gel elektroforesis hasil isolasi DNA isolat AY4 dan AY5	18
Gambar 12. Gel elektroforesis hasil PCR isolat GG2, AY4 dan AY5.....	19
Gambar 13. <i>Graphic summary</i> 100 hit tertinggi BLAST sekuen isolat GG2	21
Gambar 14. <i>Graphic summary</i> 100 hit tertinggi BLAST sekuen isolat AY4	22
Gambar 15. <i>Graphic summary</i> 100 hit tertinggi BLAST sekuen isolat AY5	23
Gambar 16. <i>Phylogenetic tree</i> isolat GG2.....	24
Gambar 17. <i>Phylogenetic tree</i> isolat AY4.....	26
Gambar 18. <i>Phylogenetic tree</i> isolat AY5.....	27

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Kunci identifikasi fungsi	39
Lampiran 2. Data <i>hit</i> pembandingan AY4	40
Lampiran 3. Data <i>hit</i> pembandingan AY5	44
Lampiran 4. Data <i>hit</i> pembandingan GG2	47

©UKDW

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI MOLEKULER YEAST ANTAGONIS TERHADAP FUNGI PEMBUSUK BUAH LEMON

Pinkan Pertiwi Kariodimedjo
31140002

Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi,
Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta

Abstrak

Interaksi antara kelompok mikrobia yang dapat menghambat perkembangan populasi mikroorganisme lain disebut antagonisme. Yeast dikenal memiliki kemampuan menghambat perkembangan yeast, bakteri dan fungi. Antagonisme antara yeast dengan mikroorganisme ini dapat diaplikasikan untuk pengendalian patogen, seperti pada fungi pembusuk buah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk isolasi yeast antagonis terhadap fungi epifit pada buah lemon busuk dan identifikasi molekuler isolat antagonis dan fungi sensitif. Isolat yeast dan fungi dikarakterisasi secara makroskopis dan mikroskopis, lalu diteliti pada uji antagonisme. Diperoleh 20 isolat yeast dan 14 isolat fungi. Berdasarkan uji antagonistik, diperoleh 5 yeast antagonis terhadap salah satu isolat fungi. Berdasarkan hasil ini, diseleksi isolat yeast antagonis terbaik dan isolat fungi sensitif terhadap yeast. Isolat yang diuji lebih lanjut ialah isolat yeast AY4 dan AY5 serta isolat fungi GG2. Dilakukan juga analisa molekuler untuk ketiga isolat berdasarkan daerah ITS. Hasil uji tersebut menunjukkan bahwa isolat AY4 diidentifikasi sebagai *Meyerozyma guilliermondii*, isolat AY5 diidentifikasi sebagai *Meyerozyma* sp., dan isolat GG2 diidentifikasi sebagai *Penicillium decumbens*. *Meyerozyma* sp. dikenal sebagai salah satu yeast antagonis yang memiliki kemampuan antifungal. Isolat yeast yang diperoleh dalam penelitian ini berpotensi sebagai biokontrol terhadap fungi pembusuk karena menunjukkan kemampuan antagonistik yang baik. *M. guilliermondii* dan *Meyerozyma* sp. yang diperoleh dalam penelitian ini mampu menghambat pertumbuhan miselium *P. decumbens* hingga 50%, berdasarkan diameter pertumbuhan koloni.

Kata kunci: Antagonisme, buah lemon, ITS, *Meyerozyma guilliermondii*, *Penicillium decumbens*

ISOLATION AND MOLECULAR IDENTIFICATION OF ANTAGONISTIC YEAST AGAINST LEMON FRUIT SPOILAGE FUNGI

Pinkan Pertiwi Kariodimedjo
31140002

Dept.of Biology, Faculty of Biotechnology,
Duta Wacana Christian University, Yogyakarta

Abstract

Antagonism is the interaction between microbial groups that inhibit growth of other microbial populations. Yeast are known to inhibit the development of yeast, bacteria and fungi. The antagonism between yeasts and microorganisms can be applied to control pathogens, such as fruit spoilage fungi. The objective of this study was to isolate antagonistic yeasts against epiphytic fungi from spoiled lemon, and also molecularly identify them. Fungal and yeast isolates were characterized macroscopically and microscopically, as well as examined in antagonistic assays. As much as 14 fungal isolates and 20 yeast isolates were obtained. Antagonistic assay results showed 5 antagonistic yeasts against, at least, one fungal isolate. Yeast isolates were selected based on antagonistic activity, while fungal isolates were selected based on highest sensitivity when encountered with the antagonist. Based on these findings, yeast and fungal isolates were selected to be further studied. Two yeast antagonists were selected, namely AY4 and AY5 and a fungal isolate, namely GG2. These yeast and fungal isolates were further tested for molecular identification with primer covering ITS region. Molecular identification showed that isolate AY4 identified as *Meyerozyma guilliermondii*, isolate AY5 identified as *Meyerozyma sp.*, while isolate GG2 identified as *Penicillium decumbens*. *Meyerozyma sp.* is known for being an antagonistic yeast with good antifungal capabilities. *M. guilliermondii* and *Meyerozyma* obtained in this study show potentials as biocontrol for spoilage fungi, evidently by their ability to reduce fungal growth up to 50%.

Keywords: *Antagonism*, ITS, *lemon fruit*, *Meyerozyma guilliermondii*, *Pencillium decumbens*

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI MOLEKULER YEAST ANTAGONIS TERHADAP FUNGI PEMBUSUK BUAH LEMON

Pinkan Pertiwi Kariodimedjo
31140002

Program Studi Biologi, Fakultas Bioteknologi,
Universitas Kristen Duta Wacana, Yogyakarta

Abstrak

Interaksi antara kelompok mikrobia yang dapat menghambat perkembangan populasi mikroorganisme lain disebut antagonisme. Yeast dikenal memiliki kemampuan menghambat perkembangan yeast, bakteri dan fungi. Antagonisme antara yeast dengan mikroorganisme ini dapat diaplikasikan untuk pengendalian patogen, seperti pada fungi pembusuk buah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk isolasi yeast antagonis terhadap fungi epifit pada buah lemon busuk dan identifikasi molekuler isolat antagonis dan fungi sensitif. Isolat yeast dan fungi dikarakterisasi secara makroskopis dan mikroskopis, lalu diteliti pada uji antagonisme. Diperoleh 20 isolat yeast dan 14 isolat fungi. Berdasarkan uji antagonistik, diperoleh 5 yeast antagonis terhadap salah satu isolat fungi. Berdasarkan hasil ini, diseleksi isolat yeast antagonis terbaik dan isolat fungi sensitif terhadap yeast. Isolat yang diuji lebih lanjut ialah isolat yeast AY4 dan AY5 serta isolat fungi GG2. Dilakukan juga analisa molekuler untuk ketiga isolat berdasarkan daerah ITS. Hasil uji tersebut menunjukkan bahwa isolat AY4 diidentifikasi sebagai *Meyerozyma guilliermondii*, isolat AY5 diidentifikasi sebagai *Meyerozyma* sp., dan isolat GG2 diidentifikasi sebagai *Penicillium decumbens*. *Meyerozyma* sp. dikenal sebagai salah satu yeast antagonis yang memiliki kemampuan antifungal. Isolat yeast yang diperoleh dalam penelitian ini berpotensi sebagai biokontrol terhadap fungi pembusuk karena menunjukkan kemampuan antagonistik yang baik. *M. guilliermondii* dan *Meyerozyma* sp. yang diperoleh dalam penelitian ini mampu menghambat pertumbuhan miselium *P. decumbens* hingga 50%, berdasarkan diameter pertumbuhan koloni.

Kata kunci: Antagonisme, buah lemon, ITS, *Meyerozyma guilliermondii*, *Penicillium decumbens*

ISOLATION AND MOLECULAR IDENTIFICATION OF ANTAGONISTIC YEAST AGAINST LEMON FRUIT SPOILAGE FUNGI

Pinkan Pertiwi Kariodimedjo
31140002

Dept.of Biology, Faculty of Biotechnology,
Duta Wacana Christian University, Yogyakarta

Abstract

Antagonism is the interaction between microbial groups that inhibit growth of other microbial populations. Yeast are known to inhibit the development of yeast, bacteria and fungi. The antagonism between yeasts and microorganisms can be applied to control pathogens, such as fruit spoilage fungi. The objective of this study was to isolate antagonistic yeasts against epiphytic fungi from spoiled lemon, and also molecularly identify them. Fungal and yeast isolates were characterized macroscopically and microscopically, as well as examined in antagonistic assays. As much as 14 fungal isolates and 20 yeast isolates were obtained. Antagonistic assay results showed 5 antagonistic yeasts against, at least, one fungal isolate. Yeast isolates were selected based on antagonistic activity, while fungal isolates were selected based on highest sensitivity when encountered with the antagonist. Based on these findings, yeast and fungal isolates were selected to be further studied. Two yeast antagonists were selected, namely AY4 and AY5 and a fungal isolate, namely GG2. These yeast and fungal isolates were further tested for molecular identification with primer covering ITS region. Molecular identification showed that isolate AY4 identified as *Meyerozyma guilliermondii*, isolate AY5 identified as *Meyerozyma sp.*, while isolate GG2 identified as *Penicillium decumbens*. *Meyerozyma sp.* is known for being an antagonistic yeast with good antifungal capabilities. *M. guilliermondii* and *Meyerozyma* obtained in this study show potentials as biocontrol for spoilage fungi, evidently by their ability to reduce fungal growth up to 50%.

Keywords: *Antagonism*, ITS, *lemon fruit*, *Meyerozyma guilliermondii*, *Pencillium decumbens*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara tropis dengan dua musim, yaitu musim hujan dan panas. Ketersediaan air yang cukup dan kekayaan nutrisi tanah di daerah ini menciptakan kondisi yang baik untuk pertumbuhan berbagai jenis tanaman tropis. Salah satu komoditi yang dibudidayakan di Indonesia adalah *Citrus*. Beberapa sub genus *Citrus* yang dikomersialkan di Indonesia meliputi jeruk manis, jeruk keprok, jeruk besar, jeruk nipis, sitrun, *grape fruit* dan jeruk lemon (Martasari, 2017).

Lemon merupakan buah dari tanaman perdu *Citrus limon* dengan karakter fisik buah berbentuk *ellipsoid*, berwarna kuning, berporus, berkulit tebal yang keras, dan memiliki rasa khas asam. Buah lemon memiliki kadar nutrisi tinggi, sehingga buah lemon sering dimanfaatkan dalam kecantikan, kesehatan dan kuliner (Gmitter *et al.*, 2012; Mohanapriya *et al.*, 2013). Ekstrak lemon sering ditemukan untuk aromaterapi dan kesehatan kulit. Air perasan lemon sering digunakan untuk ramuan herbal karena kandungan vitamin C yang tinggi. Irisan kulit lemon sering digunakan dalam resep makanan dapur. Fungsi buah lemon yang serbaguna memberikan nilai ekonomi yang tinggi (Chaturvedi & Shrivastava Suhane, 2016; Gmitter *et al.*, 2012).

Ketersediaan berbagai jenis substrat pada lemon menciptakan lingkungan yang mendukung kehidupan beragam mikroorganisme. Buah ini kaya berbagai jenis gula, asam amino, vitamin dan mineral (Mohanapriya *et al.*, 2013). Beberapa mikroorganisme yang dapat ditemukan pada *Citrus* meliputi kelompok bakteri (Le Nguyen *et al.*, 2008), yeast (Mokhtari *et al.*, 2012) dan fungi (Maldonado *et al.*, 2005). Permukaan lemon yang memiliki nilai pH 2.2 – 4 (Chaturvedi & Shrivastava Suhane, 2016; Talibi *et al.*, 2014) menciptakan kondisi selektif untuk pertumbuhan mikroorganisme tahan asam. Lingkungan tersebut sesuai untuk pertumbuhan mikroorganisme yang termasuk dalam kingdom fungi, oleh karena itu lingkungan pada lemon merupakan kondisi optimal untuk mendukung pertumbuhan fungi berfilamen maupun yeast (Talibi *et al.*, 2014).

Mikroorganisme pembusuk lemon yang utama adalah kelompok fungi (Nunes *et al.*, 2009). Meskipun lemon memiliki kulit yang cenderung lebih tebal dibandingkan kulit jeruk, lemon merupakan buah yang relatif mudah terurai oleh mikrobia karena kandungan air yang tinggi (Tripathi & Dubey, 2004). Jika permukaan lemon terbentur dan luka, maka buah menjadi rentan terhadap infeksi yang menyebabkan pembusukan. Telah dilaporkan 20-25% total produksi buah lemon membusuk oleh fungi selama proses panen. Fungi yang berkoloni pada permukaan lemon menyebabkan pembusukan karena mendegradasi kualitas buah, yang dapat mengubah karakter kimia dan fisik lemon, sehingga buah menjadi tidak baik untuk dikonsumsi (Palou *et al.*, 2008).

Proses pembusukan secara alamiah merupakan fenomena yang lazim, namun masa simpan lemon dapat diperpanjang dengan pendekatan biologis, yaitu menggunakan yeast antagonis (Boland, 1990). Pemanfaatan suatu agen biologis berbasis yeast dapat diterapkan di beberapa sektor atau bidang ilmu, diantaranya (1) industri fermentasi, untuk menanggulangi pertumbuhan kontaminan yang dapat mengacaukan produk selama pengolahan, (2) dalam bidang kesehatan, untuk melawan mikroorganisme patogenik pada manusia dan (3) agrikultur, untuk pengendalian penyakit pasca-panen yang menurunkan jumlah dan kualitas beberapa komoditi penting berekonomi tinggi, seperti buah (Liu *et al.*, 2015; Satyanarayana, 2009; Schisler *et al.*, 2004).

Yeast dengan kemampuan antagonistik terhadap fungi pembusuk dapat dimanfaatkan sebagai agen biokontrol. Berbagai artikel telah melaporkan kemampuan yeast antagonis yang berkompetisi dan menghambat pertumbuhan fungi pembusuk, sehingga kualitas buah dapat dipertahankan dan dilindungi (El-Ghaouth *et al.*, 2000; Izgu *et al.*, 2011; Medina-Córdova *et*

al., 2018; Perez *et al.*, 2016). Pengembangan metode biokontrol berbasis yeast sudah diteliti pada berbagai komoditi buah, diantaranya pepaya (Lima *et al.*, 2014), apel (Zhang *et al.*, 2011), pear (Sun *et al.*, 2018), jeruk (Liu *et al.*, 2017) dan lemon (Perez *et al.*, 2017).

Yeast antagonis dilaporkan sebagai penghambat pertumbuhan fungi pembusuk yang efektif karena mampu menekan perkembangan fungi dalam rentang waktu lama, meskipun pada berbagai *environmental stress* (Perez *et al.*, 2017; Platania *et al.*, 2012). Telah dilaporkan pula berbagai mekanisme penghambatan yang dilakukan oleh yeast, diantaranya produksi toksin dan antibiotik yang dapat memiliki kemampuan menahan pertumbuhan fungi berfilamen (El-Banna *et al.*, 2011; El-Tarabily & Sivasithamparam, 2006; Walker *et al.*, 1995).

Isolasi dan identifikasi yeast antagonis serta fungi pembusuk pada lemon dapat menambah informasi terkait hubungan ekologis antara yeast dan fungi yang bersifat negatif.

1.2. Rumusan Masalah

Isolasi dan identifikasi molekuler yeast antagonis terhadap fungi pembusuk pada buah lemon.

1.3. Tujuan

Memperoleh isolat yeast antagonis dan fungi pembusuk pada buah lemon, mengidentifikasi masing-masing isolat secara molekuler, dan menganalisis interaksi ekologis yang terbentuk antara kedua jenis mikroorganisme.

1.4. Manfaat Penelitian

Mengetahui bentuk interaksi yeast yang berpotensi sebagai biokontrol fungi pada buah lemon.

BAB V KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil memperoleh yeast antagonis terhadap fungi pembusuk buah lemon. Fungi pembusuk lemon yang bersifat sensitif terhadap yeast antagonis tersebut, diidentifikasi sebagai *Penicillium decumbens*. Dua yeast yang memiliki kemampuan antagonistik tertinggi diidentifikasi sebagai *Meyerozyma guilliermondii* dan *Meyerozyma* sp.

©UKDW

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Sater MA, Moubasher A-AH, Soliman ZSM. 2016. Diversity of filamentous and yeast fungi in soil of citrus and grapevine plantations in the Assiut region, Egypt. *Czech Mycol.* **68**(2), 183–214
- Aguirre-Güitrón L, Calderón-Santoyo M, Ortiz-Basurto RI, Bautista-Rosales PU, Ragazzo-Sánchez JA. 2018. Optimisation of the spray drying process of formulating the post-harvest biocontrol agent *Meyerozyma caribbica*. *Biocontrol Sci. Technol.* **28**(6), 574–590. doi:10.1080/09583157.2018.1468997
- Al-Qaysi SAS, Al-Haideri H, Thabit ZA, Al-Kubaisy WHAAR, Ibrahim JAAR. 2017. Production, Characterization, and Antimicrobial Activity of Mycocin Produced by *Debaryomyces hansenii* DSMZ70238. *Int. J. Microbiol.* **2017**. doi:10.1155/2017/2605382
- Arras G, Cicco V De, Arru S, Lima G. 1998. Biocontrol by yeasts of blue mould of citrus fruits and the mode of action of an isolate of *Pichia guilliermondii*. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* **73**(3), 413–418. doi:10.1080/14620316.1998.11510993
- Baker, KR; Cook R. 1974. Biological Control of Plant Pathogens. *Plant Heal. Instr.* **67**(1), 199–200. doi:10.1094/PHI-A-2006-1117-02
- Ballester AR, Lafuente MT, González-Candelas L. 2006. Spatial study of antioxidant enzymes, peroxidase and phenylalanine ammonia-lyase in the citrus fruit-*Penicillium digitatum* interaction. *Postharvest Biol. Technol.* **39**(2), 115–124. doi:10.1016/j.postharvbio.2005.10.002
- Bar-Shimon M, Yehuda H, Cohen L, Weiss B, Kobeshnikov A, Daus A, Goldway M, Wisniewski M, Droby S. 2004. Characterization of extracellular lytic enzymes produced by the yeast biocontrol agent *Candida oleophila*. *Curr. Genet.* **45**(3), 140–148. doi:10.1007/s00294-003-0471-7
- Barmore C , Brown E. 1981. Polygalacturonase from citrus fruit infected with *Penicillium italicum*. *Phytopathology* 71:328-331
- Basha H , Ramanujam B. 2015. Growth promotion effect of *Pichia guilliermondii* in chilli and biocontrol potential of *Hanseniaspora uvarum* against *Colletotrichum capsici* causing fruit rot. *Biocontrol Sci. Technol.* **25**(2), 185–206. doi:10.1080/09583157.2014.968092
- Chaturvedi D, Shrivastava Suhane RRN. 2016. Basketful Benefit of *Citrus Limon*. *Int. Res. J. Pharm.* **7**(6), 1–4. doi:10.7897/2230-8407.07653
- Chen WB, Han YF, Jong SC, Chang SC. 2000. Isolation, purification, and characterization of a killer protein from *Schwanniomyces occidentalis*. *Appl. Environ. Microbiol.* **66**(12), 5348–5352. doi:10.1128/AEM.66.12.5348-5352.2000
- Claverie, J., Notredame, C. 2007 *Bioinformatics for dummies*, 2nd ed. Hoboken, N. J.: Wiley Publishing.
- Coda R, Rizzello CG, Di R, Trani A, Cardinali G, Gobbetti M. 2013. Antifungal activity of *Meyerozyma guilliermondii*: Identification of active compounds synthesized during dough fermentation and their effect on long-term storage of wheat bread. *Food Microbiol.* **33**(2), 243–251. doi:10.1016/j.fm.2012.09.023
- Coelho AR, Tachi M, Pagnocca FC, Nobrega GMA, Hoffmann FL, Harada KI, Hirooka EY. 2009. Purification of *Candida guilliermondii* and *Pichia ohmeri* killer toxin as an active agent against *Penicillium expansum*. *Food Addit. Contam. - Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.* **26**(1), 73–81. doi:10.1080/02652030802227227
- Conti S, Magliani W, Fiscicaro P, Dieci E, Arseni S, Salati A, Polonelli L. 1998. Killer antibodies in fungal infections. *Res. Immunol.* **149**(4–5), 334–343. doi:10.1016/S0923-2494(98)80757-8
- Çorbacı C, Uçar FB. 2017. Production and optimization of killer toxin in *Debaryomyces hansenii* strains. *Brazilian Arch. Biol. Technol.* **60**(December), 1–11. doi:10.1590/1678-4324-2017160339
- Corte L, Cagno R di, Groenewald M, Roscini L, Colabella C, Gobbetti M, Cardinali G. 2015. Phenotypic and molecular diversity of *Meyerozyma guilliermondii* strains isolated from food and other environmental niches, hints for an incipient speciation. *Food Microbiol.* **48**, 206–215.

doi:10.1016/j.fm.2014.12.014

- Cunha T da, Ferraz LP, Silva AC da, Kupper KC. 2016. Biocontrol ability and putative mode of action of yeasts against *Geotrichum citri-aurantii* in citrus fruit. *Microbiol. Res.* **188–189**, 72–79. doi:10.1016/j.micres.2016.04.012
- Cunha T da, Ferraz LP, Wehr PP, Kupper KC. 2018. Antifungal activity and action mechanisms of yeasts isolates from citrus against *Penicillium italicum*. *Int. J. Food Microbiol.* **276**(August 2017), 20–27. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2018.03.019
- Deacon J. 2006. *Fungal Biology 4th edition Jim*. Blackwell
- Droby S, Chalutz E, Wilson CL, Wisniewski M. 1989. Characterization of the biocontrol activity of *Debaryomyces hansenii* in the control of *Penicillium digitatum* on grapefruit. *Can. J. Microbiol.* **35**(8), 794–800. doi:10.1139/m89-132
- Droby S, Vinokur V, Weiss B, Cohen L, Daus A, Goldschmidt EE, Porat R. 2002. Induction of resistance to *Penicillium digitatum* in grapefruit by the yeast biocontrol agent *Candida oleophila*. *Phytopathology* **92**(4), 393–399. doi:10.1094/PHYTO.2002.92.4.393
- Dukare AS, Paul S, Nambi VE, Gupta RK, Singh R, Sharma K, Vishwakarma RK. 2018. Exploitation of microbial antagonists for the control of postharvest diseases of fruits: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **8398**, 1–16. doi:10.1080/10408398.2017.1417235
- El-Banna A, - Sahn MA El, G SM. 2011. Yeasts Producing Killer Toxins : An Overview. *J. Fd . Sci . Technol* **8**(2), 41–53
- El-Ghaouth A, Smilanick JL, Wilson CL. 2000. Enhancement of the performance of *Candida saitoana* by the addition of glycolchitosan for the control of postharvest decay of apple and citrus fruit. *Postharvest Biol. Technol.* **19**(1), 103–110. doi:10.1016/S0925-5214(00)00076-4
- El-Tarabily KA, Sivasithamparam K. 2006. Potential of yeasts as biocontrol agents of soil-borne fungal plant pathogens and as plant growth promoters. *Mycoscience* **47**(1), 25–35. doi:10.1007/s10267-005-0268-2
- Freire L, Passamani FRF, Thomas AB, Nassur R de CMR, Silva LM, Paschoal FN, Pereira GE, Prado G, Batista LR. 2017. Influence of physical and chemical characteristics of wine grapes on the incidence of *Penicillium* and *Aspergillus* fungi in grapes and ochratoxin A in wines. *Int. J. Food Microbiol.* **241**, 181–190. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2016.10.027
- Friel D, Pessoa NMG, Vandenbol M, Jijakli MH. 2007. Separate and combined disruptions of two exo-beta-1,3-glucanase genes decrease the efficiency of *Pichia anomala* (strain K) biocontrol against *Botrytis cinerea* on apple. *Mol. Plant. Microbe. Interact.* **20**(4), 371–379. doi:10.1094/MPMI-20-4-0371
- Fuentes ME, Quiñones RA. 2016. Carbon utilization profile of the filamentous fungal species *Fusarium fujikuroi*, *Penicillium decumbens*, and *Sarocladium strictum* isolated from marine coastal environments. *Mycologia* **108**(6), 1069–1081. doi:10.3852/15-338
- Gao L, Gao F, Wang L, Geng C, Chi L, Zhao J, Qu Y. 2012. N-glycoform diversity of cellobiohydrolase I from *Penicillium decumbens* and synergism of nonhydrolytic glycoform in cellulose degradation. *J. Biol. Chem.* **287**(19), 15906–15915. doi:10.1074/jbc.M111.332890
- Gmitter FG, Chen C, Machado MA, Souza AA de, Ollitrault P, Froehlicher Y, Shimizu T. 2012. Citrus genomics. *Tree Genet. Genomes* **8**(3), 611–626. doi:10.1007/s11295-012-0499-2
- Golubev WI. 1988. Antagonistic Interactions Among Yeasts. *Biodivers. Ecophysiol. Yeasts* (Koltin 1988), 197–219. doi:10.1007/3-540-30985-3_10
- Guetsky R, Shtienberg D, Elad Y, Fischer E, Dinor A. 2002. Improving Biological Control by Combining Biocontrol Agents Each with Several Mechanisms of Disease Suppression. *Phytopathology* **92**:976-985.
- Hernández-Montiel LG, Holguín-Peña RJ, Larralde-Corona CP, Zulueta-Rodríguez R, Rueda-Puente E, Moreno-Legorreta M. 2012. Effect of inoculum size of yeast *Debaryomyces hansenii* to control *Penicillium italicum* on Mexican lime (*Citrus aurantiifolia*) during storage. *CYTA - J. Food* **10**(3), 235–242. doi:10.1080/19476337.2011.633350
- Hernández-Montiel LG, Larralde-Corona CP, Vero S, López-Aburto MG, Ochoa JL, Ascencio-Valle

- F. 2010. Characterization of yeast *Debaryomyces hansenii* for the biological control of blue mold decay of Mexican lemon. *CYTA - J. Food* **8**(1), 49–56. doi:10.1080/19476330903080592
- Hernández-Montiel LG, Ochoa JL, Troyo-Diéguez E, Larralde-Corona CP. 2010. Biocontrol of postharvest blue mold (*Penicillium italicum* Wehmer) on Mexican lime by marine and citrus *Debaryomyces hansenii* isolates. *Postharvest Biol. Technol.* **56**(2), 181–187. doi:10.1016/j.postharvbio.2009.12.010
- Izgu DA, Kepekci RA, Izgu F. 2011. Inhibition of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* *in vitro* and *in planta* with Panomycocin, a novel exo- β -1,3-glucanase isolated from *Pichia anomala* NCYC 434. *Antonie van Leeuwenhoek, Int. J. Gen. Mol. Microbiol.* **99**(1), 85–91. doi:10.1007/s10482-010-9527-0
- Kwiatkowski NP, Babiker WM, Merz WG, Carroll KC, Zhang SX. 2012. Evaluation of nucleic acid sequencing of the D1/D2 region of the large subunit of the 28S rDNA and the internal transcribed spacer region using smartgene idn software for identification of filamentous fungi in a clinical laboratory. *J. Mol. Diagnostics* **14**(4), 393–401. doi:10.1016/j.jmoldx.2012.02.004
- Lahlali R, Hamadi Y, Drider R, Misson C, Guilli M El, Jijakli MH. 2014. Control of citrus blue mold by the antagonist yeast *Pichia guilliermondii* Z1: Compatibility with commercial fruit waxes and putative mechanisms of action. *Food Control* **45**, 1–7. doi:10.1016/j.foodcont.2014.04.014
- Lima JR De, Rocha L, Gonçalves B, Brandão LR, Rosa CA, Marto F, Viana P. 2012. Isolation, identification and activity *in vitro* of killer yeasts against *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from tropical fruits 1–10. doi:10.1002/jobm.201200049
- Lima JR de, Viana FMP, Lima FA, Pieniz V, Gonçalves LRB. 2014. Efficiency of a yeast-based formulation for the biocontrol of postharvest anthracnose of papayas. *Summa Phytopathol.* **40**(3), 203–211. doi:10.1590/0100-5405/1963
- Liu G, Zhang L, Wei X, Zou G, Qin Y, Ma L, Li J, Zheng H, Wang S, Xun L, Zhao G, Zhou Z, Qu Y. 2013. Genomic and Secretomic Analyses Reveal Unique Features of the Lignocellulolytic Enzyme System of *Penicillium decumbens*. *PLoS One* **8**(2). doi:10.1371/journal.pone.0055185
- Liu GL, Chi Z, Wang GY, Wang ZP, Li Y, Chi ZM. 2015. Yeast killer toxins, molecular mechanisms of their action and their applications. *Crit. Rev. Biotechnol.* **35**(2), 222–234. doi:10.3109/07388551.2013.833582
- Liu J, Sui Y, Wisniewski M, Droby S, Liu Y. 2013. Review: Utilization of antagonistic yeasts to manage postharvest fungal diseases of fruit. *Int. J. Food Microbiol.* **167**(2), 153–160. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2013.09.004
- Liu J, Wisniewski M, Droby S, Norelli J, Hershkovitz V, Tian S, Farrell R. 2012. Increase in antioxidant gene transcripts, stress tolerance and biocontrol efficacy of *Candida oleophila* following sublethal oxidative stress exposure. *FEMS Microbiol. Ecol.* **80**(3), 578–590. doi:10.1111/j.1574-6941.2012.01324.x
- Liu Y, Wang W, Zhou Y, Yao S, Deng L, Zeng K. 2017. Isolation, identification and *in vitro* screening of Chongqing orangery yeasts for the biocontrol of *Penicillium digitatum* on citrus fruit. *Biol. Control* **110**(April), 18–24. doi:10.1016/j.biocontrol.2017.04.002
- Louw JP, Korsten L. 2015. Pathogenicity and Host Susceptibility of *Penicillium* spp. on Citrus. *Plant Dis.* **99**(January), 21–30. doi:10.1094/PDIS-02-14-0122-RE
- Maldonado MC, Santa Runco R, Navarro AR. 2005. Isolation, identification and antifungal susceptibility of lemon pathogenic and non pathogenic fungi. *Rev. Iberoam. Micol.* **22**(1), 57–9. doi:10.1016/S1130-1406(05)70009-7
- Marco L De, 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. doi:10.1534/g3.117.300316
- Marquina D, Santos A, Peinado JM. 2002. Biology of killer yeasts. *Int. Microbiol.* **5**(2), 65–71. doi:10.1007/s10123-002-0066-z
- Martasari C. 2017. Pengenalan dan Identifikasi Spesies Jeruk. *BALAI Penelit. Tanam. JERUK DAN BUAH Subtrop. BADAN LITBANG Pertan.* **2**

- Medina-Córdova N, Rosales-Mendoza S, Hernández-Montiel LG, Angulo C. 2018. The potential use of *Debaryomyces hansenii* for the biological control of pathogenic fungi in food. *Biol. Control* **121**(March), 216–222. doi:10.1016/j.biocontrol.2018.03.002
- Mekbib SB, Regnier TJC, Korsten L. 2011. Efficacy and mode of action of yeast antagonists for control of *Penicillium digitatum* in oranges. *Trop. Plant Pathol.* **36**, 233–240
- Mohanapriya M, Ramaswamy L, Rajendran R. 2013. Health and Medicinal Properties of Lemon (*Citrus Limonum*). *Int. J. Ayurvedic Herb. Med.* **1**(3), 1095–1100. Retrieved from http://interscience.org.uk/v3-i1/8_ijahm.pdf
- Mokhtari M, Etebarian HR, 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 Biotechnol.* **26**(3), 252–265. doi:10.1080/08905436.2012.698771
- Muthukrishnan S. 2017. Optimization and Production of Industrial Important Cellulase Enzyme from *Penicillium citrinum* in Western Ghats of Sathuragiri Hills Soil Sample Isolate. *Univers. J. Microbiol. Res.* **5**(1), 7–16. doi:10.13189/ujmr.2017.050102
- Narayanasamy P. 2013. Biological management of diseases of crops: Volume 1: Characteristics of biological control agents. *Biol. Manag. Dis. Crop. Vol. 1 Charact. Biol. Control Agents.* doi:10.1007/978-94-007-6380-7
- Nguyen DD Le, Gemrot E, Loiseau G, Montet D. 2008. Determination of citrus fruit origin by using 16S rDNA fingerprinting of bacterial communities by PCR- DGGE: an application to clementine from Morocco and Spain. *Fruits* **63**(2), 75–84. doi:10.1051/fruits:2007049
- Nunes CA, Manso T, Emília M. 2009. Postharvest Biological Control of Citrus Fruit. *Tree For. Sci. Biotechnol.* **3**(2), 116–126
- Oladoye CO, Connerton IF, Kayode RMO, Omojasola PF, Kayode IB. 2016. Biomolecular characterization, identification, enzyme activities of molds and physiological changes in sweet potatoes (*Ipomea batatas*) stored under controlled atmospheric conditions. *J. Zhejiang Univ. B* **17**(4), 317–332. doi:10.1631/jzus.B1400328
- Palou L, Smilanick JL, Droby S. 2008. Alternatives to conventional fungicides for the control of citrus postharvest green and blue moulds. *Stewart Postharvest Rev.* **4**(2). doi:10.2212/spr.2008.2.2
- Papon N, Savini V, Lanoue A, Simkin AJ, Crèche J, Giglioli-Guivarc'H N, Clastre M, Courdavault V, Sibirny AA. 2013. *Candida guilliermondii*: Biotechnological applications, perspectives for biological control, emerging clinical importance and recent advances in genetics. *Curr. Genet.* **59**(3), 73–90. doi:10.1007/s00294-013-0391-0
- Perez MF, Contreras L, Garnica NM, Fernández-Zenoff MV, Farías ME, Sepulveda M, Ramallo J, Dib J. 2016. Native killer yeasts as biocontrol agents of postharvest fungal diseases in lemons. *PLoS One* **11**(10), 1–21. doi:10.1371/journal.pone.0165590
- Perez MF, Perez Ibarreche J, Isas AS, Sepulveda M, Ramallo J, Dib JR. 2017. Antagonistic yeasts for the biological control of *Penicillium digitatum* on lemons stored under export conditions. *Biol. Control* **115**(August), 135–140. doi:10.1016/j.biocontrol.2017.10.006
- Platania C, Restuccia C, Muccilli S, Cirvilleri G. 2012. Efficacy of killer yeasts in the biological control of *Penicillium digitatum* on Tarocco orange fruits (*Citrus sinensis*). *Food Microbiol.* **30**(1), 219–225. doi:10.1016/j.fm.2011.12.010
- Reyes MEQ, Rohrbach KG, Paull RE. 2004. Microbial antagonists control postharvest black rot of pineapple fruit. *Postharvest Biol. Technol.* **33**(2), 193–203. doi:10.1016/j.postharvbio.2004.02.003
- Romi W, Keisam S, Ahmed G, Jeyaram K. 2014. Reliable differentiation of *Meyerozyma guilliermondii* from *Meyerozyma caribbica* by internal transcribed spacer restriction fingerprinting. *BMC Microbiol.* **14**(1), 1–10. doi:10.1186/1471-2180-14-52
- Siddiq A, Noreen S, Khalid AM, Raza A, Anwar Z, Irshad M. 2018. Statistical optimization of Pectin Lyase from *Penicillium digitatum* in Solid State Fermentation. *International Journal of*

Applied Biology and Forensics 2: 157-170

- Sangwanich S, Leelasuphakul W, Sangchote S. 2013. Effect of *Pichia guilliermondii* on *Penicillium digitatum* and green mold rot in Mandarin 'Shogun' from Thailand. *Acta Hort.* **973**(March 2014), 77–80. doi:10.17660/ActaHortic.2013.973.8
- Santos A, Sánchez A, Marquina D. 2004. Yeasts as biological agents to control *Botrytis cinerea*. *Microbiol. Res.* **159**(4), 331–338. doi:10.1016/j.micres.2004.07.001
- Samson RA, Hoesktra ES. 1996. Introduction to Foodborne Fungi, 2nd ed. Baarn, Netherlands: Centraalbureau voor Schimmelcultures.
- Satwika D, Klassen R, Meinhardt F. 2012. Repeated capture of a cytoplasmic linear plasmid by the host nucleus in *Debaryomyces hansenii*. *Yeast* **29**, 145–154. doi:10.1002/yea.2893
- Satyanarayana G. 2009. *Yeast Biotechnology: Diversity and Applications*. doi:10.1007/978-1-4020-8292-4_25
- Schisler DA, Janisiewicz WJ, Boekhout T, Kurtzman CP. 2004. Agriculturally Important Yeasts : Biological Control of Field and Postharvest Diseases Using Yeast Antagonists , and Yeasts as Pathogens of Plants. Yeasts, A Taxon. Study. doi:10.1016/B978-0-444-52149-1.00004-5
- Schoch CL, Seifert KA, Huhndorf S, Robert V, Spouge JL, Levesque CA. 2012. Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi **109**(16), 6241–6246. doi:10.1073/pnas.1117018109
- Song W, Han X, Qian Y, Liu G, Yao G, Zhong Y, Qu Y. 2016. Proteomic analysis of the biomass hydrolytic potentials of *Penicillium oxalicum* lignocellulolytic enzyme system. *Biotechnol. Biofuels* **9**(1), 1–15. doi:10.1186/s13068-016-0477-2
- Sun C, Fu D, Lu H, Zhang J, Zheng X, Yu T. 2018. Autoclaved yeast enhances the resistance against *Penicillium expansum* in postharvest pear fruit and its possible mechanisms of action. *Biol. Control* **119**(November 2017), 51–58. doi:10.1016/j.biocontrol.2018.01.010
- Talibi I, Boubaker H, Boudyach EH, Ait Ben Aoumar A. 2014. Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. *J. Appl. Microbiol.* **117**(1), 1–17. doi:10.1111/jam.12495
- Taqarort N, Echairi A, Chaussod R, Nouaim R, Boubaker H, Benaoumar AA, Boudyach E. 2008. Screening and identification of epiphytic yeasts with potential for biological control of green mold of citrus fruits. *World J. Microbiol. Biotechnol.* **24**(12), 3031–3038. doi:10.1007/s11274-008-9849-5
- Tripathi P, Dubey NK. 2004. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* **32**(3), 235–245. doi:10.1016/j.postharvbio.2003.11.005
- Walker GM, Mcleod AH, Hodgson VJ. 1995. Interactions between killer yeasts and pathogenic fungi. *FEMS Microbiol. Lett.* **127**(3), 213–222. doi:10.1016/0378-1097(95)00064-C
- Widyastuti S. 2008. Physical Interactions between Yeast *Pichia guilliermondii* and Post-Harvest Fruit Pathogen *Penicillium expansum*. *HAYATI J. Biosci.* **15**(1), 27–31. Institut Pertanian Bogor. doi:10.4308/hjb.15.1.27
- Wisniewski M, Biles C, Droby S, McLaughlin R, Wilson C, Chalutz E. 1991. Mode of action of the postharvest biocontrol yeast, *Pichia guilliermondii*. I. Characterization of attachment to *Botrytis cinerea*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* **39**(4), 245–258. doi:10.1016/0885-5765(91)90033-E
- Wisniewski M, Droby S, Norelli J, Liu J, Schena L. 2016. Alternative management technologies for postharvest disease control: The journey from simplicity to complexity. *Postharvest Biol. Technol.* **122**(November 2003), 3–10. doi:10.1016/j.postharvbio.2016.05.012
- Xu B, Zhang H, Chen K, Xu Q, Yao Y, Gao H. 2013. Biocontrol of postharvest *Rhizopus* decay of peaches with *Pichia caribbica*. *Curr. Microbiol.* **67**(2), 255–261. doi:10.1007/s00284-013-0359-9
- Yan Y, Zhang X, Zheng X, Apaliya MT, Yang Q, Zhao L, Gu X, Zhang H. 2018. Control of postharvest blue mold decay in pears by *Meyerozyma guilliermondii* and it's effects on the protein expression profile of pears. *Postharvest Biol. Technol.* **136**(July 2017), 124–131. doi:10.1016/j.postharvbio.2017.10.016

- Yurkov AM, Dlauchy D, Péter G. 2017. *Meyerozyma amylolytica* sp. nov. from temperate deciduous trees and the transfer of five *Candida* species to the genus *Meyerozyma*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **67**(10), 3977–3981. doi:10.1099/ijsem.0.002232
- Zhang D, Spadaro D, Garibaldi A, Gullino ML. 2011. Potential biocontrol activity of a strain of *Pichia guilliermondii* against grey mold of apples and its possible modes of action. *Biol. Control* **57**(3), 193–201. doi:10.1016/j.biocontrol.2011.02.011
- Zukiewicz-Sobczak WA, Cholewa G, Sobczak P, Silny W, Nadulski R, Wojtyła-Buciora P, Zagórski J. 2016. Enzymatic activity of fungi isolated from crops. *Postep. Dermatologii i Alergol.* **33**(6), 457–463. doi:10.5114/ada.2016.63885

©UKJDW