



**PENGARUH PEMBERIAN LARUTAN EKSTRAK SIWAK
(*Salvadora persica*) PADA BERBAGAI KONSENTRASI
TERHADAP PERTUMBUHAN *Candida albicans***

**JURNAL MEDIA MEDIKA MUDA
KARYA TULIS ILMIAH**

**Diajukan sebagai syarat untuk mengikuti ujian hasil Karya Tulis Ilmiah
mahasiswa Program Strata-1 Kedokteran Umum**

**SETIAWATI MAHARANI
G2A007162**

**PROGRAM PENDIDIKAN SARJANA KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
2012**

LEMBAR PENGESAHAN JURNAL MEDIA MEDIKA MUDA

PENGARUH PEMBERIAN LARUTAN EKSTRAK SIWAK (*Salvadora persica*) PADA BERBAGAI KONSENTRASI TERHADAP PERTUMBUHAN *Candida albicans*

Disusun oleh :

**SETIAWATI MAHARANI
G2A007162**

Telah disetujui :

Semarang, 8 Agustus 2012

Pembimbing

**Dr. drg. Oedijani Santoso, M.S.
19490209 197901 2 001**

Ketua Penguji

Penguji

**drg. Farichah Hanum, M. Kes
19640604198910 2 001**

**drg. Gunawan Wibisono, MSi. Med
19660528 199903 1 001**

Pengaruh Pemberian Larutan Ekstrak Siwak (*Salvadora persica*) Pada Berbagai Konsentrasi Terhadap Pertumbuhan *Candida albicans*

Setiawati Maharani*, Oedijani Santoso**

ABSTRACT

*Effect of various concentrations of miswak (*Salvadora persica*) extract solution on the growth of *Candida albicans**

Background : *Approximately 85-95% of oral candidal infection is caused by *Candida albicans*. The use of miswak (*Salvadora Persica*) has been known since many centuries ago as a purifier of the mouth. Miswak extract solution contains chemicals components which have antibacterial and antifungal activities.*

Objective : *This study aims to determine the effect of miswak extract solution at various levels of concentration on the growth of *C. albicans* and to determine the Minimum Inhibitory Concentration (MIC).*

Methods : *This study is a quasi-experimental using Post Test Only Control Group Design which used *C. albicans* colonies taken from Microbiology Laboratory Faculty of Medicine of Diponegoro University Semarang as samples. There are seven groups studied; one control group and six sample groups. The interventions were given by giving the miswak extract solution at various concentrations to the sample groups. The miswak concentrations used were 3.1%, 6.2%, 12.5%, 25%, 50%, and 100%. The data was obtained by visually observing the growth of *C. albicans* colonies in each miswak extract concentration of the sample groups. Statistical tests used the Kruskal-Wallis test followed by Mann-Whitney test.*

Results : *The growth of *C. albicans* colonies in the sample groups which were being given miswak extract solution with concentrations of 3.1%, 6.2%, 12.5%, and 25% still appeared, although not as much if compared to the control group. There were no visible growth of *C. albicans* colonies shown in the sample groups which were being given miswak extract solution with concentrations of 50% and 100%. Kruskal-Wallis test revealed a significant difference ($p=0.009$), followed by Mann-Whitney test which also showed a significant difference ($p=0.025$).*

Conclusions : *Miswak extract solution at various concentrations can inhibit the growth of *C. albicans*. Miswak extract solution at concentrations of 50% and 100% with ethanol as the solvent have been proven effective to inhibit the growth *C. albicans* colonies. Miswak extract solution with a concentration of 50% is a solution with the most effective concentration to inhibit the growth of *C. albicans*.*

Keywords : **Candida albicans*, miswak (*Salvadora persica*) extract solution.*

* Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang

** Bagian/SMF Ilmu Penyakit Gigi dan Mulut FK UNDIP Semarang

ABSTRAK

Latar Belakang : Sekitar 85-95% infeksi kandidiasis oral disebabkan oleh jamur *Candida albicans*. Penggunaan kayu siwak (*Salvadora persica*) telah dikenal semenjak berabad-abad lalu sebagai alat pembersih mulut. Larutan ekstrak siwak mengandung zat-zat kimia yang bersifat antibakterial dan antifungal.

Tujuan : Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian larutan ekstrak siwak pada berbagai konsentrasi terhadap pertumbuhan *C. albicans* dan untuk mengetahui Kadar Hambat Minimum (KHM)-nya.

Metode : Penelitian ini merupakan penelitian *quasi experimental* dengan rancangan *Post Test Only Control Group Design* yang menggunakan koloni *C. albicans* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi FK Undip Semarang sebagai sampel. Terdapat tujuh kelompok yang diteliti; satu kelompok kontrol dan enam kelompok perlakuan. Perlakuan yang diberikan berupa pemberian larutan ekstrak siwak pada berbagai konsentrasi terhadap kelompok sampel. Konsentrasi yang digunakan adalah sebesar 3,1%, 6,2%, 12,5%, 25%, 50%, dan 100%. Data diperoleh dengan melihat secara visual pertumbuhan koloni *C. albicans* pada masing-masing konsentrasi larutan ekstrak siwak pada kelompok perlakuan. Uji statistik menggunakan uji *Kruskal-Wallis* dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney*.

Hasil : Masih tampak adanya pertumbuhan koloni *C. albicans* pada kelompok perlakuan yang diberi larutan ekstrak siwak dengan konsentrasi 3,1%, 6,2%, 12,5%, dan 25%, meskipun tidak sebanyak apabila dibandingkan dengan kelompok kontrol. Tidak tampak adanya pertumbuhan koloni *C. albicans* pada kelompok perlakuan yang diberi larutan ekstrak siwak dengan konsentrasi 50% dan 100%. Pada uji *Kruskal-Wallis* didapatkan perbedaan yang signifikan ($p=0,009$), kemudian dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney* dan didapatkan perbedaan yang signifikan ($p=0,025$).

Kesimpulan : Pemberian larutan ekstrak siwak pada berbagai konsentrasi dapat menghambat pertumbuhan *C. albicans*. Larutan ekstrak siwak 50% dan 100% dengan etanol sebagai pelarut terbukti efektif dalam menghambat pertumbuhan koloni *C. albicans*. Larutan ekstrak siwak dengan konsentrasi 50% merupakan larutan dengan konsentrasi yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *C. albicans*.

Kata kunci : *Candida albicans*, larutan ekstrak siwak (*Salvadora persica*).

PENDAHULUAN

Infeksi *Candida* pertama kali didapatkan di dalam mulut sebagai *thrush* yang dilaporkan oleh Francois Valleix (1836). Langerbach (1839) menemukan jamur penyebab *thrush*, kemudian Berhout (1923) memberi nama organisme tersebut *Candida*.¹

Kandidiasis oral merupakan infeksi oportunistik pada rongga mulut yang disebabkan oleh pertumbuhan berlebihan dari jamur *Candida*. Sekitar 85—95 % infeksi kandidiasis oral disebabkan oleh jamur *Candida albicans* (*C. albicans*).²

Dalam rongga mulut, *C. albicans* dapat melekat pada mukosa labial, mukosa bukal, dorsum lidah, dan daerah palatum. Spesies lain yang sering diisolasi dari spesimen klinis adalah *C. dubliniensis*, *C. tropicalis*, *C. kefyr*, *C. glabrata*, *C. krusei*, *C. parapsilosis*, *C. lusitaniae*, *C. guilliermondii*, *C. stellatoidea*, *C. pseudotropicalis*, dan *C. famata*.³ Campuran spesies *Candida* dapat ditemukan pada kandidiasis oral, tetapi penyebab yang paling utama adalah *C. albicans*.⁴

C. albicans merupakan flora normal yang ditemukan pada 80% orang sehat. Sifat komensal ini dapat berubah menjadi patogen bila terdapat faktor predisposisi.¹ Salah satu faktor predisposisi yang dapat menyebabkan tingginya prevalensi kandidiasis antara lain orang yang menjalani pengobatan dengan antibiotik

spektrum luas dalam jangka panjang sehingga keseimbangan flora normalnya terganggu.²

Dalam beberapa tahun terakhir, mikroorganisme patogen yang ada pada tubuh manusia telah berkembang menjadi semakin resisten sebagai akibat dari konsumsi antimikroba komersial secara irasional. Kondisi yang demikian memaksa para ilmuwan untuk mencari zat antimikroba baru dari berbagai sumber, salah satunya dari tanaman obat.^{5,6}

Penggunaan tanaman obat sendiri sudah mulai banyak direkomendasikan di negara-negara berkembang karena telah dilaporkan aman dengan sedikit atau bahkan tanpa efek samping yang merugikan, serta tidak dilaporkan adanya resistensi, terutama bila dibandingkan dengan obat-obatan sintetik.⁷

Kayu siwak (*Salvadora persica*) telah dikenal semenjak berabad-abad lalu, terutama oleh bangsa Arab kuno yang hingga sekarang masih digunakan sebagai alat pembersih mulut. Faktor sosial dan agama menjadi pendorong utama penggunaan kayu siwak terutama bagi masyarakat muslim.⁸

Penelitian tentang analisa kandungan batang kayu siwak dengan ekstraksi menggunakan etanol 80% kemudian dilanjutkan dengan eter lalu diteliti kandungannya melalui prosedur kimia ECP (*Exhaustive Chemical Procedure*) menunjukkan bahwa siwak mengandung zat-zat kimia seperti : trimetilamin,

salvadorin, klorida, sejumlah besar fluorida dan silika, sulfur, vitamin C, serta tannin, saponin, flavonoid dan sterol.⁹ Zat-zat kimia tersebut bersifat antibakterial yang sangat efektif dalam menghambat dan membunuh pertumbuhan bakteri dan antifungal.^{8,10}

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai konsentrasi larutan ekstrak siwak terhadap pertumbuhan *C. albicans*, sehingga dapat menurunkan angka kejadian kandidiasis oral.

METODE

Penelitian yang dilakukan mulai bulan Maret hingga Mei 2012 ini merupakan *quasi experimental* dengan rancangan *Post Test Only Control Group Design* yang menggunakan koloni *C. albicans* sebagai sampel. Pada penelitian ini terdapat tujuh kelompok yang diteliti, yaitu satu kelompok kontrol dan enam kelompok perlakuan. Pada masing-masing kelompok kontrol dan kelompok perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali. Perlakuan yang diberikan berupa pemberian larutan ekstrak siwak terhadap kelompok sampel.

Batang kayu siwak diperoleh dari sebuah toko di kawasan Kauman, Semarang. Kemudian dari batang kayu siwak tersebut, dilakukan ekstraksi menggunakan alat ekstraksi soxhlet dengan etanol 96% sebagai pelarut. Proses ekstraksi ini

dilakukan sepenuhnya di Laboratorium Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang.

Sampel penelitian meliputi koloni *C. albicans* pada media SDA yang yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi ialah koloni *C. albicans* yang tumbuh pada media SDA setelah dipaparkan dengan perlakuan dan diinkubasi 24-48 jam pada suhu 37°C. Kriteria eksklusi ialah koloni *C. albicans* yang tumbuh pada media SDA dengan disertai pertumbuhan kontaminan lain.

Dari hasil kultur tersebut kemudian dilakukan pembuatan suspensi *C. albicans* yang selanjutnya ditanam pada media SDA. Setelah suspensi *C. albicans* ditanamkan pada masing-masing sediaan larutan ekstrak siwak dalam SDA dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam, hasil perlakuan diamati secara visual ada atau tidaknya pertumbuhan koloni *C. albicans* serta ditentukan pula Kadar Hambat Minimum (KHM)-nya dengan melihat sediaan dengan konsentrasi terendah yang sudah dapat menghambat pertumbuhan *C. albicans*.

Data yang dikumpulkan berdasarkan uji eksperimental yang dilakukan oleh peneliti di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang merupakan data primer berupa hasil penilaian pertumbuhan koloni *C. albicans* pada media SDA yang mengandung larutan

ekstrak siwak dari kelompok perlakuan dan kelompok kontrol. Data yang dikumpulkan diedit, dikoding, ditabulasi, dan *data entering*. Kemudian dilakukan uji *Kruskal-Wallis* dan dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney*. Semua analisis tersebut dilakukan dengan menggunakan program komputer.

HASIL

Hasil uji Kadar Hambat Minimum pada tiap-tiap kelompok perlakuan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji kadar hambat minimum pada tiap kelompok perlakuan

Konsentrasi (%)	Tabung 1	Tabung 2	Tabung 3
3,1	+	+	+
6,2	+	+	+
12,5	+	+	+
25	+	+	-
50	-	-	-
100	-	-	-
Kontrol	+	+	+

Oleh karena skala data pertumbuhan koloni *C. albicans* yang diperoleh berupa data nominal, maka tidak perlu dilakukan transformasi data karena sebaran datanya sudah pasti tidak normal. Maka analisis inferensial dilakukan dengan menggunakan uji *Kruskal-Wallis* dan dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney*.

Uji *Kruskal-Wallis* menghasilkan nilai signifikansi $p=0,009$. Oleh karena nilai $p<0,05$ maka hasil tersebut menunjukkan perbedaan yang bermakna dalam menghambat pertumbuhan *C. albicans* menurut konsentrasi larutan ekstrak siwak yang digunakan. Kemudian dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney* (tabel 2).

Tabel 2. Hasil uji *Mann-Whitney* untuk konsentrasi larutan ekstrak siwak terhadap pertumbuhan koloni *C. albicans*

Konsentrasi (%)	6,2	12,5	25	50	100	Kontrol
3,1	1,000	1,000	0,317	0,025*	0,025*	1,000
6,2	-	1,000	0,317	0,025*	0,025*	1,000
12,5		-	0,317	0,025*	0,025*	1000
25			-	0,114	0,114	0,317
50				-	1,000	0,025*
100					-	0,025*

*) terdapat perbedaan bermakna ($p<0,05$)

Hasil uji *Mann-Whitney* menunjukkan perbedaan bermakna karena didapatkan nilai $p=0,025$ pada kelompok perlakuan dengan konsentrasi larutan ekstrak siwak sebesar 50% dan 100% jika dibandingkan dengan kelompok kontrol dan kelompok perlakuan yang lain. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kedua kelompok perlakuan tersebut lebih efektif dalam menghambat pertumbuhan *C. albicans* dibanding kelompok kontrol dan kelompok perlakuan lainnya. Dari kedua kelompok perlakuan tersebut didapatkan bahwa kelompok perlakuan dengan konsentrasi larutan ekstrak siwak 50% merupakan yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *C. albicans*.

PEMBAHASAN

Berbagai faktor virulensi terlibat dalam patogenesis *C. albicans*. Peran kunci dimainkan oleh dinding sel dan protein yang disekresikan. Permukaan sel *C. albicans* adalah titik kontak pertama dengan hospes, dan berperan penting dalam adhesi, kolonisasi, dan imunomodulasi.¹¹ Adapula faktor-faktor lain yang mempengaruhi diantaranya hidrofobisitas permukaan sel, perubahan fenotip *C. albicans*, pH, dan suhu.¹² Menempelnya mikroorganisme dalam jaringan sel hospes menjadi syarat mutlak untuk berkembangnya infeksi. Setelah terjadi proses penempelan, *C. albicans* berpenetrasi ke dalam sel epitel mukosa. Apa yang terjadi setelah proses penetrasi tergantung dari keadaan imun hospes dan keadaan lingkungan mukosa oral.^{13,14}

Peran siwak dalam menghambat pertumbuhan *C. albicans* didapatkan dari aksi mekanis serta komponen kimianya. Kandungan kimianya terutama tannin diketahui mempunyai aktivitas antimikroba terhadap *C. albicans*. Tannin dikatakan mampu menghambat aktivitas enzim glikosiltransferase. Glikosiltransferase mengkatalisis transfer gugus gula dari molekul donor ke molekul akseptor aktif dan membentuk ikatan glikosidik yang berfungsi untuk menghubungkan sejumlah besar unit monosakarida menjadi polisakarida. Biosintesis disakarida, oligosakarida, dan polisakarida melibatkan aksi ratusan jenis glikosiltransferase yang berbeda.¹⁵ 1,3- β -glukan sintase adalah suatu enzim glikosiltransferase yang terdapat pada membran plasma dan bertanggung jawab untuk konstruksi dinding sel jamur.¹⁶ Telah diketahui bahwa komposisi primer dinding sel *C. albicans* terdiri dari berbagai polisakarida.¹³ 1,3- β -glukan sintase terlibat dalam sintesis β -glukan, salah satu jenis polisakarida yang paling dominan dalam menyusun dinding sel *C. albicans*. Oleh karena itu apabila kinerja enzim ini dihambat, maka dinding sel akan kehilangan rigiditasnya dan perlekatan *C. albicans* pada sel epitel hospes menjadi berkurang secara signifikan.¹⁷

Hasil dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa larutan ekstrak siwak pada konsentrasi 50% dan 100% dengan etanol sebagai pelarut, efektif dalam menghambat pertumbuhan *C. albicans*. Hal ini dibuktikan dengan tidak terdapatnya pertumbuhan koloni *yeast* dalam ketiga tabung media SDA miring pada kedua kelompok perlakuan tersebut jika dibandingkan dengan kelompok kontrol dan kelompok perlakuan yang lain. Hasil penelitian ini juga

memperlihatkan bahwa di antara enam konsentrasi larutan ekstrak siwak yang diteliti, yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *C. albicans* adalah larutan ekstrak siwak dengan konsentrasi 50%. Hasil ini ditunjang penelitian sebelumnya oleh Al-Bagieh dan Al-Samh yang menyatakan bahwa larutan ekstrak siwak pada konsentrasi yang sama dengan etanol sebagai pelarutnya memiliki efek fungistatik yang mampu menghambat pertumbuhan *C. albicans* pada media *blood agar*. Efek fungistatik yang dimiliki oleh larutan ekstrak siwak pada konsentrasi 50% dapat menghambat pertumbuhan *C. albicans* hingga 48 jam, sedangkan pada konsentrasi 100% efek fungistatiknya mampu bertahan sampai satu minggu.⁴

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemberian larutan ekstrak siwak pada berbagai konsentrasi dapat menghambat pertumbuhan *C. albicans*
2. Masih tampak adanya pertumbuhan *C. albicans* pada ketiga tabung media SDA miring yang diberi larutan ekstrak siwak dengan konsentrasi 3,1%, 6,2%, dan 12,5%
3. Di antara ketiga tabung media SDA miring yang diberi larutan ekstrak siwak dengan konsentrasi 25%, tampak ada dua tabung yang ditumbuhi koloni *C. albicans* dan satu tabung yang tidak ditumbuhi koloni *C. albicans*

4. Dari hasil pengamatan secara visual didapatkan bahwa pertumbuhan koloni *C. albicans* pada kelompok perlakuan yang diberi larutan ekstrak siwak dengan konsentrasi 3,1%, 6,2%, 12,5%, dan 25% tidak sebanyak apabila dibandingkan dengan pertumbuhan koloni *C. albicans* pada kelompok kontrol.
5. Tidak tampak adanya koloni *C. albicans* pada ketiga tabung media SDA miring yang diberi larutan ekstrak siwak dengan konsentrasi 50%
6. Tidak tampak adanya koloni *C. albicans* pada ketiga tabung media SDA miring yang diberi larutan ekstrak siwak dengan konsentrasi 100%
7. Larutan ekstrak siwak dengan konsentrasi 50% merupakan larutan dengan konsentrasi yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan *C. albicans*

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh pemberian larutan ekstrak siwak terhadap pertumbuhan mikroflora oral lain selain *C. albicans* yang dapat menimbulkan infeksi rongga mulut untuk mengetahui aktivitas antimikroba larutan ekstrak siwak terhadap mikroflora yang terdapat pada rongga mulut selain *C. albicans*. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode yang berbeda, yaitu dengan cara mengukur panjang diameter zona hambat dari isolat yang diteliti. Dapat pula dilakukan penelitian dan analisis lebih lanjut mengenai perbandingan onset dan durasi daya fungistatik pada masing-masing konsentrasi larutan ekstrak siwak terhadap *C. albicans*. Perlu diperhatikan juga mengenai proses pengolahan sediaan larutan ekstrak siwak agar produk yang dihasilkan menjadi lebih menarik lagi, baik dalam segi rasa, warna, maupun bau,

tanpa mengurangi efektivitas yang dimiliki dan dengan tidak mengabaikan standar kefarmasian.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kuswadi. Kandidosis. Dalam : Djuanda A, Hamzah M, Aisah S. Ilmu penyakit kulit dan kelamin. 3rd ed. Jakarta: FK UI. 1999; 103-106.
2. Carranza, FA, Takei HH, Newman, MG. Clinical periodontology. 9th ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company. 2002.
3. Arirachakaran P, Piboonratanakit P, Kiatkroekkrai P. Prevalence of oral *Candida* carriage in denture wearers. CU Dent J. 2009; 32: 101-12
4. Marsh PD, Martin MV. Oral Microbiology. 4th ed. Oxford: Wright. 1999; 153-162.
5. Marchese A, Shito GC. Resistance patterns of lower respiratory tract pathogens in Europe. Int J Antimicrobial Agents. 2001; 16: 25-29.
6. Poole, K. Overcoming antimicrobial resistance by targeting resistance mechanisms. J Pharmacy and Pharmacol. 2001; 53: 283-284.
7. Aboellil, Amany H, Majdah MY, Al-Tuwaijr. Effect of some alternative medicine in Saudi Arabia and some biological factors on *Candida albicans*. 2010; 2(1).
8. Al-Lafi T, Ababneh H. The effect of the extract of the miswak (chewing sticks) use in Jordan and The Middle East on oral bacteria. International Dental Journal. 1995; 45: 218-222.

9. El Mostehy MR, Al-Jassem AA, Al-Yassin IA. Miswak as an oral health device (preliminary chemical and clinical evaluation). *Hamdard*. 1983; 26: 41-50.
10. Darout IA, Christy AA, Skaug N, Egeberg PK. Identification and quantification of some potentially antimicrobial anionic components in miswak extract. *Indian J Pharmacol*. 2000; 32: 11-14.
11. Bates S, Rosa JM. *Candida albicans* Iff11, A secreted protein required for cell wall structure and virulence. *J Infect and Immun*. 2007; 75(6): 2922-2928.
12. Pereira-Cenci, Tatiana, et al. Development of *Candida*-associated denture stomatitis: new insights. *J Appl Oral Sci*. 2008; 16(2): 86-94.
13. Tjampakasari, CR. Karakteristik *Candida albicans*. *Cermin Dunia Kedokteran*. 2006; 151: 33-36.
14. Lynch MA, Brightman VJ, Greenberg MS. *Burket Ilmu Penyakit Mulut: Diagnosa & Terapi*. Grogol: Binarupa Aksara. 1994; 267-287.
15. Campbell JA, Davies GJ, Bulone V, Henrissat B. A classification of nucleotide-diphospho-sugar glycosyltransferases based on amino acid sequence similarities. *Biochem. J*. 1997; 326(3): 929–939.
16. Liu J, Balasubramanian, MK. 1,3- β -glucan synthase: a useful target for antifungal drugs. *Curr Drug Targets Infect Disord*. 2001; 1(2): 159-169.
17. Kellner EM, Orsbon KI, Siegel EM. *Coccidioides posadasii* contains a single 1,3- β -glucan synthase gene that appears to be essential for growth. *American Society for Microbiology*. 2005; 4(1): 111-120.