

Teknologi fermentasi: pencirian bakteria asid laktik berfungsi daripada fermentasi semula jadi dedak beras

(Fermentation technology: characterization of functional lactic acid bacteria from natural fermentation of rice bran)

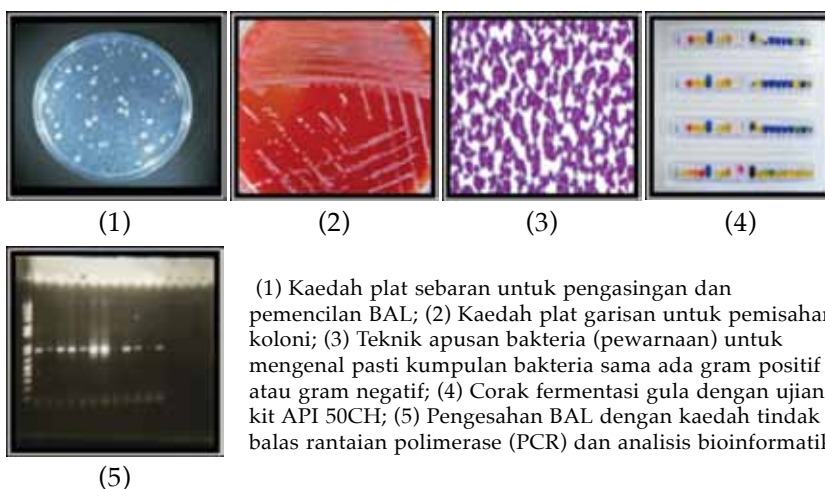
Nur Yuhasliza Abd Rashid, Anisah Jamaluddin, Dang Lelamurni
Abd Razak, Azlina Mansor, Amsal Abd Ghani, Shaiful Adzni
Sharifuddin dan Musaالبakri Abd Manan

Pengenalan

Dedak beras adalah bahan sampingan pertanian daripada industri beras yang boleh digunakan sebagai bahan mentah untuk proses bioteknologi. Dedak beras terhasil 8 – 10% daripada proses keseluruhan penghasilan beras putih. Ia mengandungi 90% kandungan nutrien dan nutrasetikal daripada keseluruhan biji beras. Komposisi kimia dedak beras menunjukkan komponennya terdiri daripada 50 – 60% karbohidrat, 10 – 16% protein, 15 – 20% lemak dan 5 – 9% fiber. Kandungan karbohidrat dan protein yang tinggi dalam dedak beras boleh menjadi sumber tenaga yang menyokong pertumbuhan mikroorganisma seperti bakteria asid laktik (BAL). Fermentasi secara semula jadi dedak beras boleh menyebabkan penurunan kandungan karbohidrat dan protein. Karbohidrat dan protein yang terurai menjadi kumpulan yang lebih kecil seperti oligosakarida, monosakarida, peptida dan asid amino. Penguraian sumber tersebut oleh mikroorganisma sepanjang proses fermentasi adalah disebabkan keupayaan mikroorganisma mengeluarkan pelbagai jenis enzim seperti amilase dan protease.

Jenis bakteria yang hidup sepanjang proses fermentasi bergantung kepada aktiviti air, pH, kepekatan garam, suhu dan komposisi bahan yang digunakan. Kajian terdahulu menunjukkan BAL seperti spesies *Lactobacillus*, yis seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan fungus seperti *Rhizopus oligosporus* merupakan antara mikroorganisma yang hadir semasa proses fermentasi semula jadi dedak beras. Penggunaan BAL dalam fermentasi makanan sudah lama dilakukan dalam sejarah manusia dan diaplikasikan dalam pelbagai budaya. Oleh itu, BAL telah disahkan sebagai bakteria yang selamat (*generally recognized as safe*) (GRAS). Penggunaan BAL dalam industri makanan akan menghasilkan agen-agen antimikrob (bakteriosin) dan asid organik (asid laktik dan asid asetik) yang boleh digunakan untuk pengawetan makanan secara semula jadi. Kesan pengawetan dapat mengekalkan mutu makanan kerana agen antimikrob dan asid organik didapati berkeupayaan menyekat pertumbuhan mikrob perosak makanan seperti *Salmonella typhimurium*, *Bacillus cereus* dan *Eschericia coli*.

Dalam industri kosmetik dan farmaseutikal, asid laktik yang dihasilkan daripada fermentasi dengan BAL digunakan sebagai sebatian pemula untuk menghasilkan pelbagai jenis sebatian aktif. Kalsium laktat yang terhasil daripada tindak balas asid laktik dengan kalsium karbonat digunakan sebagai pelembap adunan dalam industri makanan manakala dalam bidang perubatan ia digunakan sebagai antasid (sebatian yang digunakan untuk mengelakkan keadaan berasid) dan merawat kekurangan kalsium. Dalam industri kosmetik, BAL digunakan untuk menghasilkan asid laktik yang akan digunakan sebagai pelembap dan bahan perencatan tirosina yang bertanggungjawab sebagai agen pemutih kulit.



Gambar 1. Langkah-langkah mengasingkan dan mengenal pasti BAL dalam fermentasi semula jadi dedak beras

Tujuan utama kajian ini dijalankan adalah untuk mengasing dan mengenal pasti kultur BAL daripada fermentasi semula jadi dedak beras yang mempunyai fungsian keupayaan untuk mengeluarkan enzim amilase dan protease serta mempunyai sifat antimikrob terhadap patogen makanan. BAL yang mempunyai kefungsian yang tinggi boleh digunakan sebagai kultur pemula untuk menghasilkan asid laktik atau menambah nilai sesuatu bahan dengan memperkayakan sebatian aktif dan menambah fungsi substrat yang digunakan.

Sampel dedak beras telah diperoleh dari tiga kilang pemprosesan padi yang terletak di Selangor, Kelantan dan Kedah. Dedak beras telah disteril selama 15 minit sebelum proses fermentasi dijalankan secara semula jadi dengan kelembapan 60% selama tiga hari pada suhu 30 °C. Sampel diambil setiap 24 jam dan teknik plat sebaran dan plat garisan menggunakan medium MRSA (*de Man, Rogosan and Sharpe agar*) yang bersifat spesifik untuk pertumbuhan BAL dan diinkubasi pada suhu 30 °C selama 72 jam. Kajian morfologi dilakukan ke atas koloni yang telah diasingkan dengan teknik apusan bakteria. Teknik apusan bakteria

dilakukan untuk mengamati bakteria di bawah mikroskop dengan menggunakan kaedah pewarnaan untuk mengenal pasti sama ada bakteria yang diperolehi adalah daripada kumpulan gram positif atau gram negatif dan mengenal pasti morfologi bakteria yang diasingkan. Koloni tersebut telah disahkan sebagai BAL dengan kaedah tindak balas rantaian polimerase (PCR) menggunakan pencetus spesifik untuk jujukan gen 16S rRNA dan dikenal pasti dengan analisis BLAST. BAL yang terpilih telah dijalankan pencirian toleransi terhadap suhu, aktiviti enzim (amilase dan protease) serta aktiviti antimikrob.

Penerangan

Tujuan utama kajian ini dijalankan adalah untuk menyaring BAL terpilih sebagai kultur pemula berfungsi untuk koleksi kultur makanan berfungsi (CFFC) MARDI. Sebanyak 190 koloni telah diasingkan dan disahkan sebagai BAL melalui analisis jujukan gen 16S rRNA. Tiga puluh koloni BAL telah dipilih berdasarkan penyaringan aktiviti enzim secara kualitatif dan diklon dalam jujukan terus produk PCR dan dianalisis dengan BLAST. Analisis BLAST menunjukkan persamaan yang tinggi iaitu sebanyak 99 – 100% dengan gen nukleotida daripada BAL yang terdapat dalam pangkalan data Genebank Analisis BLAST. Analisis BLAST telah mengenal pasti kultur tersebut kepada 15 kultur BAL dalam kumpulan *Pediococcus acidilactici*, 10 kultur BAL sebagai *Pediococcus pentosaceus*, 2 kultur BAL sebagai *Lactococcus garvieae*, 1 kultur BAL masing-masing sebagai *Weissella confusa*, *Lactobacillus coryniformis* dan *Lactococcus lactis*.

Kultur BAL yang telah dikenal pasti ini telah dinilai toleransi terhadap suhu, aktiviti enzim (amilase dan protease) dan aktiviti antimikrob. Suhu persekitaran sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisma. BAL yang mempunyai toleransi berbeza terhadap suhu berbeza akan memberikan kepelbagaian untuk proses fermentasi. *Jadual 1* menunjukkan spesies BAL yang telah dikenal pasti dan peratusan pertumbuhan pada setiap suhu yang diuji. Suhu optimum adalah suhu yang terbaik kerana

Jadual 1. Bacteria asid laktik yang telah dikenal pasti dan peratusan (%) pertumbuhan pada setiap suhu

Spesies	Jumlah spesies	Peratusan pertumbuhan (%) Suhu 15 °C	Suhu 40 °C	Suhu 50 °C
<i>P. acidilactici</i>	15	80	100	80
<i>P. pentosaceus</i>	10	70	100	70
<i>L. garvieae</i>	2	100	100	50
<i>W. confusa</i>	1	0	100	0
<i>L. lactis</i>	1	100	100	100
<i>L. coryniformis</i>	1	0	100	100

mikroorganisma mengalami pertumbuhan maksimum pada suhu ini. Bakteria yang mempunyai suhu optimum pertumbuhan 20 – 30 °C diklasifikasikan kepada mesofil, manakala bakteria yang mengalami pertumbuhan pada suhu optimum 55 – 65 °C dikenali sebagai termofil dan psikotrof pula ialah bakteria yang berkeupayaan tumbuh pada suhu optimum 15 – 20 °C.

BAL yang berupaya untuk menguraikan dan menggunakan karbohidrat dengan mengeluarkan enzim amilase sepanjang proses fermentasi dikenali sebagai BAL amilolitik. α -amilase ialah enzim yang memainkan peranan utama dalam hidrolisis karbohidrat kepada campuran gula penurun termasuk glukosa, maltosa dan maltotriosa. Asai amilase dilakukan dengan tindak balas campuran 1% larutan kanji dalam larutan penimbal pada pH 6.5. Manakala kultur BAL telah dikultur dalam medium yang mengandungi 1% kanji untuk menggalakkan pengeluaran enzim amilase. Reagen yang digunakan ialah dinitrosalisilik (DNS) yang berfungsi sebagai pengesan adanya gula penurun dalam sampel.

Perubahan warna DNS daripada kuning kepada jingga diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada bacaan jarak gelombang 540 nm. Semakin pekat warna semakin banyak gula penurun iaitu glukosa sebagai penanda adanya proses hidrolisis oleh enzim amilase. Daripada 30 kultur BAL yang dianalisis untuk aktiviti amilase, 90% daripadanya berupaya mengeluarkan enzim amilase. *P. acidilactici* (RB2) dan *P. pentosaceus* (RB30) menunjukkan aktiviti amilase yang paling tinggi dengan bacaan masing-masing ialah 5.079 dan 4.289 mg/mL. Proses fermentasi dengan BAL dalam bahan yang mempunyai karbohidrat yang tinggi memerlukan karbohidrat dihidrolisis terlebih dahulu sebelum inokulasi BAL. Namun begitu, penggunaan BAL amilolitik dalam fermentasi yang mengandungi karbohidrat dapat menjimatkan kos dan masa kerana BAL amilolitik dapat menghidrolisis karbohidrat dan seterusnya menghasilkan asid laktik.

Dalam proses fermentasi, sesetengah mikroorganisma berupaya mengeluarkan enzim protease untuk menguraikan protein kepada komponen yang lebih kecil sebagai sumber tenaga. Enzim protease terlibat dalam proses proteolisis iaitu proses pemecahan protein kepada komponen yang lebih kecil seperti polipeptida, peptida dan asid amino. Medium susu skim digunakan sebagai medium kultur BAL untuk menggalakkan penghasilan enzim protease. Lingkaran kawasan akan berwarna cerah apabila BAL menghasilkan enzim protease dalam medium susu skim. *Jadual 2* menunjukkan kultur BAL yang diasingkan daripada fermentasi dedak beras yang menunjukkan aktiviti protease yang lemah. Sebanyak 10 kultur BAL telah menghasilkan enzim protease dengan aktiviti lemah dengan diameter lingkaran kawasan 5 – 12 mm. Aktiviti maksimum protease yang dihasilkan ialah BAL daripada spesies *P. pentosaceus* (RB13 dan RB30) dan *P. acidilactici* (RB5 dan RB27).

Jadual 2. Aktiviti enzim amilase dan protease daripada bakteria asid laktik

No. kultur	Spesies BLA	Aktiviti amilase (mg/mL)	Aktiviti protease (mm)
RB 1	<i>P. pentosaceus</i>	1.888 ± 0.3	-
RB 2	<i>P. acidilactici</i>	5.079 ± 1.0	5 ± 1.0
RB 3	<i>P. acidilactici</i>	1.798 ± 0.5	-
RB 4	<i>P. acidilactici</i>	3.026 ± 0.2	-
RB 5	<i>P. acidilactici</i>	2.972 ± 0.7	12 ± 2.0
RB 6	<i>P. acidilactici</i>	2.266 ± 0.2	-
RB 7	<i>P. acidilactici</i>	3.327 ± 0.5	-
RB 8	<i>P. acidilactici</i>	2.969 ± 0.7	-
RB 9	<i>P. acidilactici</i>	3.077 ± 1.0	-
RB 10	<i>P. acidilactici</i>	2.028 ± 0.1	-
RB 11	<i>P. acidilactici</i>	2.776 ± 0.9	-
RB 12	<i>P. acidilactici</i>	3.774 ± 0.8	6 ± 1.0
RB 13	<i>P. pentosaceus</i>	-	12 ± 1.0
RB 14	<i>P. acidilactici</i>	2.844 ± 0.1	-
RB 15	<i>P. pentosaceus</i>	3.127 ± 0.4	10 ± 2.0
RB 16	<i>P. pentosaceus</i>	-	-
RB 17	<i>P. pentosaceus</i>	-	-
RB 18	<i>L. lactis</i>	3.470 ± 0.6	11 ± 2.0
RB 19	<i>L. garvieae</i>	2.877 ± 0.8	11 ± 1.0
RB 20	<i>P. acidilactici</i>	2.865 ± 1.0	11 ± 0.0
RB 21	<i>P. pentosaceus</i>	3.065 ± 1.1	-
RB 22	<i>P. pentosaceus</i>	3.246 ± 0.8	-
RB 23	<i>L. garvieae</i>	2.633 ± 0.5	-
RB 24	<i>P. pentosaceus</i>	3.145 ± 0.7	-
RB 25	<i>P. acidilactici</i>	2.817 ± 0.4	-
RB 26	<i>P. pentosaceus</i>	3.664 ± 0.7	-
RB 27	<i>P. acidilactici</i>	3.539 ± 1.5	12 ± 0.0
RB 28	<i>L. coryniformis</i>	1.664 ± 0.8	-
RB 29	<i>W. confusa</i>	3.100 ± 0.9	-
RB 30	<i>P. pentosaceus</i>	4.289 ± 1.4	12 ± 0.0

Penghasilan bahan antimikrob bagi kultur BAL adalah salah satu ciri penting untuk pemilihan kultur BAL bersifat probiotik. Fungsi antimikrob diuji dengan lima bakteria patogen makanan iaitu *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus cereus*. BAL dinilai mempunyai aktiviti antimikrob dengan menggunakan esei penyebaran agar. Aktiviti antimikrob diukur berdasarkan diameter lingkaran perencatan pertumbuhan bakteria patogen (mm) di atas agar NA (*nutrient agar*). Menurut Institut Piawai Makmal dan Klinikal, bacaan diameter lingkaran perencatan kurang atau sama dengan 15 mm adalah rendah (bertahan), 16 – 20 mm sederhana

dan 21 mm ke atas mempunyai fungsi antimikrob yang kuat. *Jadual 3* menunjukkan bacaan diameter lingkaran perencatan BAL terhadap patogen yang diuji. Aktiviti antimikrob kultur BAL yang diasingkan daripada fermentasi dedak beras menunjukkan fungsi antimikrob yang kuat terhadap bakteria patogen *S. typhimurium* dan *E. coli* apabila sebanyak 93% dan 80% daripada kultur BAL menunjukkan aktiviti antimikrob yang kuat. Manakala sebanyak 56% daripada kultur BAL menunjukkan aktiviti antimikrob yang

Jadual 3. Aktiviti antimikrob bagi BAL dengan bakteria patogen

No. kultur	Spesies BLA	Diameter lingkaran perencatan (mm)				
		<i>L. monocytogenes</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>E. coli</i>	<i>B. cereus</i>	<i>S. aureus</i>
RB 1	<i>P. pentosaceus</i>	18 ± 1	27 ± 0	20 ± 1	15 ± 1	12 ± 1
RB 2	<i>P. acidilactici</i>	24 ± 0	22 ± 1	29 ± 0	20 ± 0	16 ± 0
RB 3	<i>P. acidilactici</i>	20 ± 1	25 ± 0	20 ± 0	18 ± 2	15 ± 2
RB 4	<i>P. acidilactici</i>	24 ± 0	23 ± 1	28 ± 1	20 ± 1	-
RB 5	<i>P. acidilactici</i>	20 ± 0	-	25 ± 0	15 ± 0	-
RB 6	<i>P. acidilactici</i>	20 ± 2	25 ± 1	21 ± 2	16 ± 1	15 ± 1
RB 7	<i>P. acidilactici</i>	21 ± 0	30 ± 0	22 ± 1	19 ± 1	15 ± 1
RB 8	<i>P. acidilactici</i>	25 ± 0	21 ± 0	20 ± 3	16 ± 0	-
RB 9	<i>P. acidilactici</i>	26 ± 0	20 ± 2	24 ± 0	18 ± 1	15 ± 1
RB 10	<i>P. acidilactici</i>	20 ± 1	27 ± 0	21 ± 0	16 ± 2	20 ± 0
RB 11	<i>P. acidilactici</i>	19 ± 0	23 ± 1	27 ± 0	15 ± 2	15 ± 0
RB 12	<i>P. acidilactici</i>	18 ± 1	25 ± 1	29 ± 0	16 ± 1	12 ± 0
RB 13	<i>P. pentosaceus</i>	19 ± 0	23 ± 2	27 ± 1	13 ± 2	-
RB 14	<i>P. acidilactici</i>	23 ± 2	34 ± 0	28 ± 0	16 ± 1	16 ± 1
RB 15	<i>P. pentosaceus</i>	23 ± 1	30 ± 0	30 ± 0	15 ± 1	-
RB 16	<i>P. pentosaceus</i>	20 ± 0	21 ± 2	20 ± 2	14 ± 1	-
RB 17	<i>P. pentosaceus</i>	22 ± 0	23 ± 1	21 ± 0	15 ± 0	-
RB 18	<i>L. lactis</i>	27 ± 0	27 ± 0	29 ± 1	17 ± 1	-
RB 19	<i>L. garvieae</i>	25 ± 1	26 ± 0	30 ± 0	18 ± 1	12 ± 2
RB 20	<i>P. acidilactici</i>	-	25 ± 0	32 ± 1	15 ± 1	13 ± 0
RB 21	<i>P. pentosaceus</i>	19 ± 1	29 ± 1	21 ± 2	17 ± 2	18 ± 1
RB 22	<i>P. pentosaceus</i>	24 ± 0	25 ± 0	22 ± 1	15 ± 2	-
RB 23	<i>L. garvieae</i>	25 ± 0	27 ± 0	23 ± 1	19 ± 1	16 ± 1
RB 24	<i>P. pentosaceus</i>	22 ± 0	26 ± 0	27 ± 0	20 ± 0	18 ± 0
RB 25	<i>P. acidilactici</i>	15 ± 1	24 ± 0	22 ± 0	15 ± 1	16 ± 0
RB 26	<i>P. pentosaceus</i>	-	22 ± 1	30 ± 0	-	26 ± 0
RB 27	<i>P. acidilactici</i>	32 ± 0	25 ± 0	20 ± 2	16 ± 0	16 ± 1
RB 28	<i>L. coryniformis</i>	25 ± 0	22 ± 0	20 ± 1	15 ± 1	17 ± 0
RB 29	<i>W. confusa</i>	23 ± 1	22 ± 0	21 ± 2	19 ± 0	20 ± 0
RB 30	<i>P. pentosaceus</i>	24 ± 0	21 ± 1	30 ± 0	21 ± 1	15 ± 1

kuat terhadap bakteri patogen *L. monocytogenes* dan hanya 1% aktiviti antimikrob yang kuat terhadap bakteri patogen *B. cereus* dan *S. aureus*.

Kesimpulan

Fermentasi semula jadi dedak beras telah dijalankan untuk mengasingkan dan mengenal pasti BAL yang mempunyai ciri kefungsiannya berupaya mengeluarkan enzim (amilase dan protease) dan aktiviti antimikrob. Kultur BAL yang diasingkan mempunyai potensi yang tinggi sebagai pengeluar enzim amilase. BAL yang berupaya mengeluarkan enzim amilase dikenali juga sebagai BAL amilolitik yang memainkan peranan penting untuk hidrolisis substrat yang berkanji untuk menukarkannya secara terus kepada asid laktik. BAL daripada dedak beras juga mempunyai spektrum yang luas untuk merencat pertumbuhan bakteri patogen seperti *L. monocytogenes*, *E. coli* dan *S. typhimurium*. Oleh itu, BAL yang diasingkan daripada fermentasi semula jadi dedak beras mempunyai potensi untuk digunakan sebagai kultur pemula berfungsi dalam proses fermentasi. BAL yang telah dikenal pasti dengan potensi ini telah disimpan di dalam CCFC MARDI untuk digunakan sebagai kultur pemula kajian yang akan datang.

Bibliografi

- Akerberg, C. dan Zacchi, G. (2000). An economic evaluation of the fermentative production of lactic acid from wheat flour. *Bioresource Technology* 75
- Gopal, R., Md., A., Naveena, B.J., Venkateshwar dan Vijay, E. (2008). Amylolytic bacterial lactic acid fermentation - A review. *Biotechnology Adv.* 26: 22 – 34
- Kaloyan, P., Zoltan, U. dan Penka, P. (2008). L(+)-Lactic acid production from starch by a novel amylolytic *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* B84. *Food Microbiology* 25: 550 – 557
- Saunders, R.M. (1990). The properties of rice bran as a food stuff. *Cereal Food World* 35: 632
- Williams, G.M., Iatropoulos, M.J. dan Whysner, J. (1999). Safety assessment to butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene as antioxidant food additives. *Food and Chemical Toxicology* 37: 1027 – 1038
- Yun, J.S., Wee, Y.J., Kim, J.N. dan Ryu, H.W. (2004). Fermentative production of DL- lactic acid amylase treated rice and wheat brans hydrolyzate by a novel lactic acid bacterium *Lactobacillus* sp. *Biotechnology Letter* 26: 1613 – 1616

Ringkasan

Dedak beras adalah produk sampingan industri beras daripada proses penghasilan beras putih. Kandungan karbohidrat yang tinggi boleh digunakan sebagai sumber tenaga untuk menyokong pertumbuhan mikroorganisma. Proses fermentasi semula jadi telah dijalankan ke atas dedak beras untuk analisis dan pencirian bakteri asid laktik (BAL) yang mempunyai nilai berfungsi. BAL yang diperolehi telah diasingkan, dikenal pasti dan dijalankan analisis untuk ciri kefungsiannya seperti keupayaan mengeluarkan enzim dan aktiviti antimikrob. Kumpulan BAL ini telah lama memainkan peranan penting dalam persekitaran manusia sama ada dalam bentuk makanan ataupun dalam sistem penghadaman manusia. BAL juga telah lama digunakan sebagai kultur pemula dan kultur pemula tambahan untuk mempercepat pengasidan bahan mentah melalui hasil utamanya

iaitu asid laktik. Hampir 85% penggunaan asid laktik adalah dalam industri makanan manakala 15% dalam industri kosmetik dan perubatan. Proses penapaian semula jadi dedak beras telah dilakukan selama tiga hari dengan kaedah plat sebaran dan plat garisan terhadap medium MRSA. BAL yang berpotensi telah dikenal pasti dengan kaedah tindak balas rantaian polimerase. Sebanyak 30 kultur BAL telah dikenal pasti dengan analisis BLAST apabila 15 kultur BAL yang dikenal pasti telah dikategorikan sebagai *P. acidilactici*, 10 kultur BAL sebagai *P. pentosaceus*, 2 kultur BAL sebagai *L. garvieae*, 1 kultur BAL masing-masing sebagai *W. confusa*, *L. coryniformis* dan *L. lactis*.

Summary

Rice bran is the residue obtained from rice industry during the production of white rice. High carbohydrate content in rice bran can be used as an energy source to support the growth of microorganisms. Natural fermentation was carried out on rice bran for the discovery and analysis of functional lactic acid bacteria (LAB). LAB isolated were identified and characterized for its functionalities which includes enzyme activities and antimicrobial activity. LAB are mainly known for its beneficial function for humans especially in foods production and in human intestinal tract. LAB was used as starter culture or adjuncts cultures, that cause rapid acidification of the raw material through the production of organic acids, mainly lactic acid. Food related applications account for approximately 85% of the demand for lactic acid, whereas the cosmeceutical and pharmaceutical applications account for only 15% of the demand. Natural fermentation of rice bran was carried out for three days using spread plate and streaking techniques on MRSA. Potential LAB have we identified by polymerase chain reaction and identified using BLAST analysis. Out of these, 15 LAB were identified as *P. acidilactici*, 10 as *P. pentosaceus*, 2 as *L. garvieae* and 1 as *W. confuse*, *L. coryniformis* and *L. lactis* respectively.

Pengarang

Nur Yuhasliza Abd Rashid
Pusat Penyelidikan Bioteknologi dan Nanoteknologi,
Ibu Pejabat MARDI, Serdang, Persiaran MARDI-UPM,
43400 Serdang, Selangor
E-mel: yuhas@mardi.gov.my

Anisah Jamaluddin, Dang Lelamurni Abd Razak, Azlina Mansor,
Amsal Abd Ghani, Shaiful Adzni Sharifuddin dan MUSAALBAKRI ABD MANAN
Pusat Penyelidikan Bioteknologi dan Nanoteknologi,
Ibu Pejabat MARDI, Serdang, Persiaran MARDI-UPM,
43400 Serdang, Selangor