

Teknologi fermentasi pepejal: aplikasi dalam menambah nilai bahan buangan sampingan industri pemprosesan kelapa

(Solid-state fermentation: application in value-adding the by-product of coconut processing industry)

Anisah Jamaluddin, Nur Yuhasliza Abd. Rashid,
Dang Lelamurni Abd. Razak, Shaiful Adzni Sharifuddin,
Ainaa Abd. Kahar dan Kamariah Long

Pengenalan

Isu lambakan bahan buangan hasil sampingan pertanian telah lama mendapat perhatian masyarakat global kerana masalah dalam aspek pengurusan dan pelupusan serta kesannya terhadap alam sekitar. Masalah pengurusan bahan buangan ini menjadi semakin serius apabila kos bagi tujuan pelupusan adalah tinggi dan semakin meningkat saban tahun. Dianggarkan 998 juta tan bahan buangan sampingan pertanian dihasilkan di peringkat global dan di Malaysia sahaja, kira-kira 1.2 juta tan bahan buangan pertanian dihasilkan setiap tahun. Daripada bilangan ini, hanya kira-kira 15% digunakan bagi tujuan makanan ternakan dan selebihnya dibuang ke persekitaran yang menimbulkan isu pencemaran alam sekitar. Isu ini telah menarik perhatian penyelidik seantero dunia dan seterusnya menyuntik idea untuk menukar bahan buangan ini kepada produk baharu yang lebih bermanfaat dan bernilai tambah. Antara usaha yang dilakukan adalah dengan mengaplikasikan teknologi fermentasi pepejal menggunakan pelbagai jenis mikroorganisma bagi menukar bahan buangan sampingan pertanian ini kepada produk yang lebih bermanfaat dan bernilai tinggi.

Teknologi fermentasi pepejal

Teknologi fermentasi pepejal merupakan proses yang telah diaplikasi sejak ribuan tahun dahulu dan penggunaannya luas dalam penghasilan makanan difermentasi di seluruh dunia. Teknologi fermentasi pepejal didefinisi sebagai proses fermentasi yang melibatkan pertumbuhan mikroorganisma terhadap bahan pepejal dengan lembapan atau kandungan air yang sangat terhad. Pelbagai mikroorganisma seperti bakteria, yis dan kulat telah digunakan dalam sistem ini untuk pelbagai tujuan seperti penghasilan enzim, metabolit sekunder, biopestisid, biosurfaktan, agen biokawalan dan sebagainya. Namun begitu, kulat merupakan kumpulan mikroorganisma paling berpotensi berdasarkan faktor fisiologi, enzimologi dan kandungan biokimia.

Pertumbuhan kulat yang melibatkan hifa yang menjalar, keupayaan untuk bermandiri dalam keadaan air yang terhad

(*Aw = water activity*) dan ketahanan terhadap tekanan osmotik yang tinggi menjadikan ia sebagai mikroorganisma yang efisien dan berdaya saing dalam dunia mikroflora terutamanya dalam proses biopemprosesan. Mod pertumbuhannya menggunakan hifa yang bersifat menjalar memberi kelebihan kepada kulat berbanding dengan mikroorganisma unisel lain dari aspek pengkolonian substrat dan penggunaan nutrien yang terkandung dalam substrat. Kaedah pertumbuhan ini memberi keupayaan kepada kulat untuk menembusi substrat dan kepelbagaian enzim hidrolitik yang dihasilkan oleh mikroorganisma ini membolehkan nutrien yang terkandung dalam substrat digunakan semaksimum mungkin.

Pelbagai kajian telah membuktikan keupayaan dan kejayaan pengaplikasian teknologi fermentasi pepejal menggunakan pelbagai jenis mikroorganisma. Antara yang popular di negara kita adalah penghasilan makanan tradisional tempe yang melibatkan penggunaan kulat *Rhizopus oligosporus* terhadap substrat kacang soya. Selain itu, aplikasi teknologi ini dalam industri makanan dibuktikan dengan penghasilan pelbagai enzim, asid organik dan gam xantan. Fermentasi pepejal juga berguna dalam menambah nilai dan pengubahsuaian komposisi sesuatu substrat dan terbukti mampu meningkatkan kualiti nutrisi dan menurunkan sebatian antinutrisi yang terkandung dalam substrat kacang soya. Antara kajian yang melibatkan proses fermentasi pepejal menggunakan pelbagai jenis mikroorganisma bagi menghasilkan produk yang bernilai tinggi diringkaskan seperti dalam *Jadual 1*.

Jadual 1. Antara mikroorganisma yang digunakan dalam teknologi fermentasi pepejal

Mikroflora	Tujuan/hasil teknologi fermentasi pepejal
Kulat	
<i>Rhizopus oligosporus</i>	Makanan (tempe), enzim amylase dan lipase
<i>Aspergillus oryzae</i>	Koji, makanan, asid sitrik
<i>Aspergillus niger</i>	Protein, amylase, asid sitrik
<i>Penicilium notatum, roquefortii</i>	Penisilin, keju
<i>Trichoderma</i> sp.	Bioinsektisid, kawalan biologi
<i>Rhizopus oryzae</i>	Phytase
<i>Fusarium</i> sp.	Pengkomposan, Giberelins
Yis	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Makanan, etanol
<i>Schwanniomyces castelli</i>	Etanol, enzim amylase
Bakteria	
<i>Bacillus</i> sp.	Natto, enzim amylase
<i>Lactobacillus</i> sp., <i>Clostridium</i> sp.	Makanan

Penghasilan bioingredien dengan nilai kosmeseutikal hasil daripada tambah nilai testa kelapa menerusi teknologi fermentasi pepejal

Mutakhir ini, kajian berkaitan penghasilan bioingredien bersifat organik semakin mendapat perhatian di kalangan penyelidik lantaran kecenderungan masyarakat yang mengutamakan produk kesihatan dan kecantikan yang bersifat semula jadi. Kecenderungan ini berpunca daripada penggunaan bahan sintetik dalam produk makanan, kesihatan dan kecantikan yang mampu menjerus kepada pelbagai masalah kesihatan. Oleh itu, kajian berkaitan pencarian bioingredien bersifat semula jadi semakin giat dijalankan bagi menggantikan bahan sintetik sedia ada yang digunakan dalam industri.

Usaha untuk menambah nilai dan fungsi bahan buangan sampingan industri kelapa (*Cocos nucifera*) telah dijalankan di MARDI. Bahan buangan yang ditambah nilai ialah testa kelapa yang merupakan bahan buangan daripada industri pemprosesan santan dan kelapa parut yang merujuk kepada lapisan berwarna coklat di bahagian luar di antara bahagian tempurung dan isi putih kelapa (*Gambar 1*).

Meskipun penggunaan testa kelapa sangat terhad terutamanya sebagai bahan makanan ternakan, analisis proksimat terhadap bahan buangan ini menunjukkan ia mengandungi pelbagai nutrien yang bermanfaat (*Jadual 2*). Oleh itu, ia menjadi titik tolak kepada penyelidikan di MARDI untuk mengeksploitasi fungsinya sebagai substrat dalam proses fermentasi pepejal bagi meningkatkan fungsi dan nilai testa kelapa dalam aspek kosmeseutikal.

Dalam kajian ini, testa kelapa telah digunakan sebagai substrat atau bahan sokongan untuk pertumbuhan pelbagai jenis mikroorganisma terpilih. Hasil saringan menggunakan pelbagai jenis mikroorganisma daripada kumpulan bakteria, yis dan kulat menunjukkan kulat merupakan mikroorganisma terbaik untuk digunakan dalam kajian ini. Antara mikroorganisma yang digunakan adalah daripada spesies *Rhizopus*, *Aspergillus* dan *Monascus* yang terdiri daripada *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus oligosporus*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger* dan *Monascus purpureus*. Ekstrak air testa kelapa difermentasi ini seterusnya digunakan dalam pelbagai analisis bioasai yang berkaitan dengan fungsi kosmeseutikal seperti kandungan sebatian fenolik, aktiviti antioksidan, aktiviti



Gambar 1. Testa kelapa yang merupakan bahan buangan sampingan industri kelapa

Jadual 2. Kandungan proksimat testa kelapa

Komposisi	Peratus (%)
Lembapan	2 – 4
Protein	6 – 7
Serat kasar	24 – 26
Lemak	50 – 53
Abu (<i>ash</i>)	2 – 3
Karbohidrat	9 – 11

perencatan enzim tyrosinase dan elastase. Hasil analisis bioasai ekstrak testa kelapa difermentasi dibandingkan dengan ekstrak yang tidak difermentasi yang berperanan sebagai kawalan. Proses fermentasi pepejal yang telah dijalankan menunjukkan ia mampu meningkatkan nilai dan fungsi testa kelapa di mana semua bioaktiviti yang diuji mempamerkan peningkatan aktiviti yang lebih tinggi berbanding dengan testa kelapa yang tidak difermentasi.

Agen antioksidan semula jadi yang terkandung dalam tumbuhan semakin menjadi perhatian di kalangan pengguna dan komuniti kerana kajian epidemiologi menunjukkan pengambilan antioksidan semula jadi yang kerap mampu mengurangkan risiko penyakit kardiovaskular dan kanser. Sebatian fenolik merupakan metabolit aktif yang sering dikaitkan dengan fungsi antioksidan. Analisis kandungan fenolik terhadap ekstrak testa kelapa difermentasi menunjukkan peningkatan antara 6 – 8 kali ganda berbanding dengan ekstrak testa kelapa yang tidak difermentasi. Peningkatan kandungan fenolik ini dikaitkan dengan tindak balas enzim oleh kulat yang menjadi pemangkin dalam pembentukan sebatian fenolik ringkas.

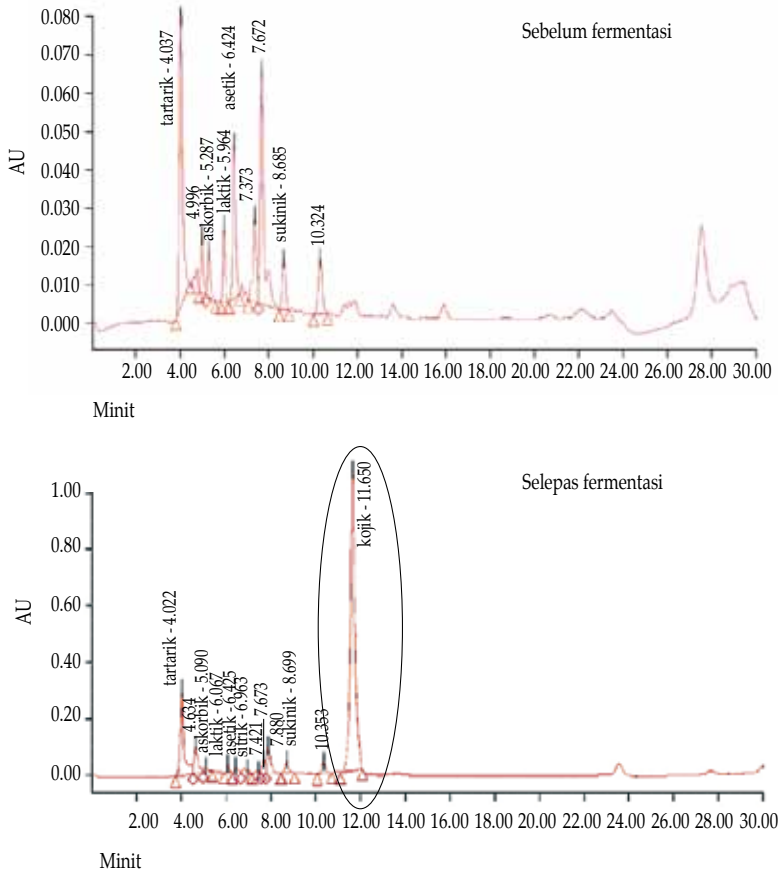
Analisis untuk mengukur kandungan aktiviti antioksidan dalam ekstrak kajian turut dijalankan dengan menggunakan dua jenis kaedah yang sering digunakan dalam kajian berkaitan iaitu asai *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH) dan *ferric reducing antioxidant power* (FRAP). Hasil analisis memberi keputusan yang seiring dengan analisis kandungan fenolik di mana teknologi fermentasi pepejal berupaya meningkatkan aktiviti antioksidan dalam testa kelapa sehingga tiga kali ganda berbanding dengan kawalan. Hasil analisis yang seiring ini menunjukkan kemungkinan peningkatan aktiviti antioksidan dalam testa kelapa difermentasi ini berkait rapat dengan peningkatan kandungan sebatian fenolik yang terkandung di dalamnya.

Pelbagai analisis lain turut menunjukkan proses fermentasi mampu memberi kesan positif terhadap aktiviti biologi lain yang turut berkait rapat dengan aspek kosmesutikal. Antaranya adalah perencatan aktiviti enzim tyrosinase telah dijalankan bagi melihat potensi ekstrak kajian ini sebagai agen pemutihan kulit. Pendedahan kepada sinaran radiasi ultraviolet boleh menyebabkan pembentukan melanin yang berlebihan berikutan proliferasi sel melanosit yang pantas. Penghasilan melanin secara abnormal iaitu secara berlebihan akan menjurus kepada masalah pigmentasi kulit. Enzim tyrosinase ialah enzim yang terlibat dalam pembentukan melanin dan perencatan aktiviti enzim ini menjadi kaedah dalam pencarian bahan aktif yang mampu bertindak sebagai agen antipigmentasi dan pemutihan kulit. Dalam kajian ini, aktiviti perencatan enzim tyrosinase oleh ekstrak testa kelapa difermentasi telah

menunjukkan peningkatan sehingga 17 kali ganda berbanding dengan kawalan.

Selain itu, aktiviti perencatan enzim elastase turut dilakukan bagi melihat potensi ekstrak kajian sebagai agen antipenuaan. Elastase ialah enzim yang bertanggungjawab dalam mendegradasi komponen elastin di dalam kulit yang menjurus kepada masalah penuaan kulit. Sehubungan itu, perencatan aktiviti enzim elastase menjadi ukuran kepada potensi ekstrak kajian sebagai agen antipenuaan. Aktiviti antipenuaan didapati positif dalam beberapa ekstrak testa kelapa difermentasi seperti ekstrak yang difermentasi menggunakan fungus *Rhizopus oryzae*.

Analisis kromatografi turut dijalankan menggunakan *high performance liquid chromatography* (HPLC) dan menunjukkan kehadiran sebatian asid kojik dalam ekstrak testa kelapa difermentasi. Asid kojik merupakan bahan aktif yang sering diguna pakai dalam penghasilan produk pemutihan kulit. Kajian menunjukkan komponen asid kojik tidak dapat dikesan dalam ekstrak kawalan, namun ia didapati dalam ekstrak



Rajah 1. Kromatogram analisis HPLC yang menunjukkan kehadiran asid kojik dalam sampel kajian selepas proses fermentasi

yang telah difermentasi (*Rajah 1*). Kehadiran bahan aktif ini kemungkinan menyumbang kepada aktiviti antityrosinase yang terdapat dalam ekstrak kajian. Selain itu, kandungan asid fenolik yang merupakan salah satu komponen dalam kumpulan sebatian fenolik turut dianalisis dan hasil kajian menunjukkan kehadiran beberapa jenis asid fenolik dalam ekstrak kajian seperti asid galik dan asid protocatechuic. Asid galik merupakan salah satu sebatian dalam tumbuhan yang memiliki aktiviti antipenuaan.

Kesimpulan

Berdasarkan kajian ini, jelas menunjukkan teknologi fermentasi pepejal yang dijalankan berupaya untuk meningkatkan aktiviti biologi dan komponen bioaktif dalam testa kelapa. Oleh itu, teknologi fermentasi pepejal mampu menjadi kaedah yang efektif menukar bahan buangan sampingan industri atau makanan kepada produk yang lebih bernilai tambah.

Penghargaan

Projek penyelidikan adalah bawah pembiayaan geran Projek Pembangunan Rancangan Malaysia ke-10 bawah seliaan Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani. Penghargaan kepada kumpulan penyelidik yang terbabit secara langsung dan tidak langsung dalam kajian ini.

Bibliografi

- Appaiah, P., Sunil, L., Prasanth Kumar, P.K., Gopala Krishna, A.G. (2014). Composition of coconut testa, coconut kernel dan its oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 91: 917 – 924
- Bashir, S.M., Ahmad, I. dan Abduhamid, U. (2011). Microbiological features of solid state fermentation and its application – An overview. *Research in Biotechnology* 2(6): 21 – 26
- Bhargav, S., Panda, B.P., Ali, M. dan Javed, S. (2008). Solid-state Fermentation: An Overview. *Chem. Biochem. Eng.* 22(1): 49 – 70
- Couto, S.R. dan Sanroman, M.A. (2006). Application of solid-state fermentation to food industry, A review. *J. Food Eng.* 76: 291 – 302
- Mukherjee, P.K., Maity, N., Nema, N.K. dan Sarkar, B.K. (2011). Bioactive compounds from natural resources against skin aging. *Phytomedicine* 19: 64 – 73
- Pandey, A., Soccol, C.R. dan Mitchell, D. (2000). New developments in solid state fermentation: Bioprocesses and products. *Process Biochem.* 35: 1153 – 1169
- Raimbault, M. (1998). General and microbiological aspects of solid substrate fermentation. *Electron. J. Biotechnol.* 1(3):1 – 15
- Renaud, S.C., Gueguen, R., Schenker, J. dan d’Houtaud, A. (1998). Alcohol and mortality in middle-aged men from eastern France. *Epidemiology* 9: 184 – 188
- Temple, N.J. (2000). Antioxidants and disease: more questions than answers. *Nutrition Research* 20: 449 – 459
- Thomas, L., Larroche, C. dan Pandey, A. (2013). Currents development in solid-state fermentation. *Biochemical Engineering Journal* 81: 146 – 161

Ringkasan

Kebelakangan ini, limpahan bahan buangan hasil pertanian semakin mendapat perhatian global bagi penggunaan dalam penghasilan produk bernilai tambah. Kaedah bioteknologi khasnya proses fermentasi sering diaplikasi sebagai salah satu cara untuk menukarkan bahan buangan pertanian kepada produk yang lebih bermanfaat. Testa kelapa merupakan antara bahan buangan pertanian daripada industri pemprosesan kelapa yang kurang diberi perhatian untuk dimanipulasi bagi penghasilan produk yang lebih bernilai. Dalam kajian ini, testa kelapa telah difermentasi menerusi teknologi fermentasi pepejal dengan pelbagai jenis kulat daripada spesies *Rhizopus*, *Aspergillus* dan *Monascus* dengan menggunakan kultur tunggal dan kombinasi bagi tujuan meningkatkan aktiviti biologi yang terkandung di dalamnya. Hasil penyelidikan menunjukkan proses fermentasi pepejal berupaya meningkatkan fungsi berkaitan penjagaan kulit dan kandungan metabolit dalam testa kelapa seperti kandungan sebatian fenolik, aktiviti antioksidan, aktiviti perencatan enzim tyrosinase dan elastase yang merupakan indikasi kepada aktiviti antipigmentasi/agen pemutih kulit dan antipenuaan. Analisis kromatografi juga mempamerkan kehadiran beberapa komponen penting seperti asid kojik dan asid galik yang sering kali dikaitkan peranannya dalam fungsi kosmesetik. Berdasarkan penemuan ini, ekstrak testa kelapa difermentasi berpotensi digunakan sebagai bahan alternatif dalam produk penjagaan kulit yang bersifat semula jadi dan organik bagi menggantikan komponen sintetik memandangkan permintaan terhadap produk semula jadi semakin meningkat di kalangan pengguna.

Summary

Recently, increased attention has been given to the agriculture by-products as they are abundantly available for the production of value-added products. The advent of biotechnology, specifically, the fermentation process, has been used as a tool for effective conversion of these by-products into useful products. Coconut testa is among the agriculture by-products obtained from the coconut processing industry that is seldom highlighted and used for the production of value-added products. In this study, this substrate was fermented with various types of fungi from *Rhizopus*, *Aspergillus* and *Monascus* species through single and mixed culture by solid-state fermentation in order to improve their bioactivities. The results demonstrated enhancement of skin care related functionalities and metabolite content such as total phenolic, antioxidant, anti tyrosinase and anti elastase, which indicate the potential of these fermented extracts as anti pigmentation/whitening and anti ageing agent. Chromatography analysis also showed an increment in certain compounds such as kojic acid and gallic acid that are usually associated with cosmeceutical purposes. Therefore, these fermented extracts have the potential to be used as substitute ingredients for the synthetic components in natural and organic skin care products since there is an increasing demand for natural products among consumers.

Pengarang

Anisah Jamaluddin

Pusat Penyelidikan Bioteknologi, Ibu Pejabat MARDI, Serdang,

Peti Surat 12301, 50774 Kuala Lumpur

E-mel: anisj@mardi.gov.my