

Kajian kestabilan kualiti dan jangka hayat penyimpanan minuman kultur tembikai

(Quality stability and shelf-life study of watermelon cultured drink)

Hasnisa Hashim, Hazniza Adnan, Nur Baizura Sa'dom, Nurul Nabilah Mohd Fiteri, Nurzam Ezdiani Zakaria, Aishah Mohd Ramli, Munirah Abdul Zaman, Yangmurni Zamani dan Teoh Chin Chuang

Kata kunci: minuman kultur tembikai, bakteria asid laktik, penentuan kualiti, analisis mikrobiologi, botol polietilena tereftalat glikol (PTEG), botol polietilena berketumpatan tinggi (HDPE)

Pengenalan

Tembikai (*Citrullus lanatus*) merupakan salah satu buah-buahan yang ditanam secara komersial di Malaysia terutamanya di Semenanjung Malaysia. Merujuk kepada laporan statistik yang dikeluarkan oleh Jabatan Pertanian Malaysia, tanaman dan pengeluaran tembikai di Malaysia meningkat dari tahun 2022 hingga 2024 di mana keluasan kawasan tanaman ialah 8,489 hektar pada tahun 2022, 8,987 hektar pada tahun 2023 dan 9,023 hektar pada tahun 2024. Pengeluaran tembikai bagi tahun 2022 adalah sebanyak 135,682 tan metrik dan meningkat kepada 138,878 tan metrik dan 143,045 tan metrik masing-masing pada tahun 2023 dan 2024. Bekalan tembikai mendapat permintaan yang tinggi terutama pada musim panas kerana kandungan airnya tinggi dan mampu mengekalkan hidrasi badan selain rasa yang enak dan manis. Tembikai juga mengandungi nutrisi yang memberikan manfaat kesihatan seperti vitamin, mineral, serat diet, antioksidan dan asid amino. Tembikai dilaporkan mempunyai khasiat yang baik untuk kesihatan kulit dan mata (kandungan vitamin C dan A), kandungan antioksidan yang mampu menyokong sistem imuniti badan, mengawal tekanan darah, membantu fungsi otot, mengurangkan risiko kanser dan baik untuk kesihatan jantung.

Memandangkan tembikai mempunyai nilai pemakanan yang tinggi serta permintaan pengguna yang semakin meningkat, usaha untuk mempelbagaikan produk berasaskan buah ini turut berkembang dalam industri makanan. Pemprosesan tembikai bukan sahaja dapat memanjangkan jangka hayat simpanannya, malah mampu menghasilkan produk bernilai tambah yang memenuhi keperluan pasaran semasa. Selain dimakan segar, tembikai sering diproses menjadi jus dan puri yang kemudiannya digunakan dalam pembangunan pelbagai produk seperti minuman berperisa tembikai dan konfeksionari. Puri tembikai juga berpotensi sebagai bahan asas dalam penghasilan minuman kultur probiotik. Minuman kultur yang mengandungi bakteria asid laktik (LAB) strain probiotik merupakan produk bernutrisi yang menyokong kesihatan usus (gastrointestinal), di mana bakteria probiotik hidup di dalam usus dan membantu mengekalkan keseimbangan mikroflora usus. Seiring dengan peningkatan minat terhadap produk probiotik berasaskan tumbuhan, penggunaan puri tembikai sebagai medium alternatif semakin mendapat perhatian dalam usaha menghasilkan

minuman kultur yang lebih sihat dan mesra pengguna. Kebiasaannya, minuman kultur yang berada di pasaran kebanyakannya berasaskan susu dan berperisa. Memandangkan puri tembikai mempunyai kandungan nutrisi yang tinggi, Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan MARDI telah membangunkan produk minuman kultur berasaskan puri tembikai dan bakteria asid laktik strain probiotik bagi menambah nilai produk. Kajian ini dijalankan untuk menentukan kestabilan kualiti produk minuman kultur tembikai (MKT) semasa penyimpanan dengan menggunakan bahan pembungkus berbeza.

Pemprosesan minuman kultur tembikai

Puri tembikai diperoleh daripada pembekal Golden Aroma Agr Sdn. Bhd., Melaka. Minuman kultur tembikai disediakan seperti yang dijelaskan oleh Hazniza et al. (2024). Bahan ramuan seperti susu skim, gula, air, bahan penstabil dan bahan pengemulsi dicampur bagi menyediakan larutan susu. Larutan susu dipasteur pada suhu 70 °C selama 30 minit untuk membunuh bakteria bahaya dan kemudian disejukkan ke suhu 40 – 45 °C. Seterusnya, puri tembikai ditambah ke dalam larutan susu dan dihomogenkan selama 10 minit pada kelajuan 10,000 rpm untuk mendapatkan campuran larutan yang sekata. Kultur pemula probiotik *L. paracasei* (Chr. Hansen UAS Labs, US) dan *L. bulgaricus* (ATCC 11842) yang diperoleh daripada *Collection of Functional Food Culture* (CFFC) MARDI dicampurkan dengan larutan tersebut dan diinkubasi sambil digoncang secara berterusan pada suhu bilik (30 °C) selama 18 – 24 jam menggunakan penggoncang orbital. Kemudian, produk minuman kultur tembikai (MKT) yang dihasilkan diisi ke dalam botol yang telah disteril dan disimpan pada suhu sejuk dingin (4 °C). Seterusnya, analisis pencirian dilaksanakan bagi menentukan kualiti produk.

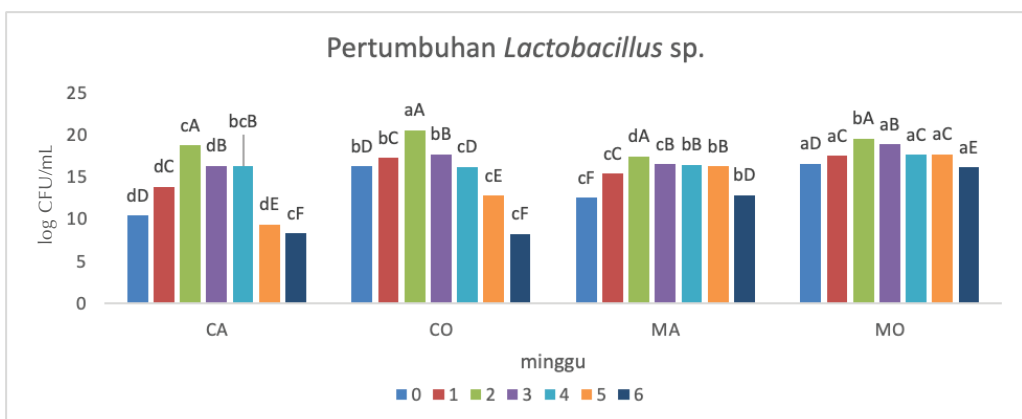
Penentuan kualiti minuman kultur tembikai

Kajian penyimpanan dijalankan dengan menggunakan dua jenis bahan pembungkus (botol) yang berbeza bagi tujuan membandingkan kestabilan kualiti dari aspek perubahan kimia dan pertumbuhan kultur LAB di dalam produk. Bahan pembungkus yang dipilih adalah botol plastik polietilena tereftalat glikol (PETG - *amber*) dan polietilena berketumpatan tinggi (HDPE - *opaque*). Analisis pencirian produk MKT dilaksanakan setiap minggu selama enam minggu penyimpanan (kecuali bagi ujian kelikatan yang dilaksanakan pada setiap dua minggu) pada suhu 4 °C bagi menentukan kualiti produk. Antara analisis pencirian produk yang dilaksanakan adalah analisis pertumbuhan LAB, kandungan asid laktik, kandungan likopena, analisis mikrobiologi dan analisis fizikal termasuk ujian kelikatan, pH dan jumlah pepejal larut.

Kajian kemandirian LAB dan penentuan asid laktik

Produk berkultur merupakan produk yang mempunyai kandungan kultur yang masih hidup sehingga tamat tempoh penggunaan produk tersebut. Akta Makanan 1983 dan Peraturan Makanan Malaysia 1985 telah menggariskan bahawa kandungan kultur hidup mestilah

tidak boleh kurang daripada 1.0×10^6 CFU/mL atau log 6 CFU/mL semasa hayat simpanan produk. Kajian kemandirian kultur bagi produk ini dijalankan dengan sela masa seminggu, selama enam minggu pada suhu 4 °C. Perbandingan dijalankan antara kultur kawalan (C – menggunakan kultur *L. casei* strain shirota.) dengan kultur campuran yang dibangunkan sendiri (M) dan juga penggunaan bahan pembungkusan (botol) berbeza. *Rajah 1* menunjukkan kultur M mempunyai kemandirian yang tinggi berbanding dengan kultur kawalan di mana kandungan kultur berada lebih daripada log 10 CFU/mL sehingga tamat tempoh kajian, bagi kedua-dua jenis botol. Walau bagaimanapun, kedua-dua kandungan kultur kawalan dan M menunjukkan kemandirian yang lebih baik dalam botol HDPE (*opaque*) berbanding dengan botol *amber* sepanjang kajian dijalankan, manakala kultur kawalan didapati tidak mempunyai perbezaan signifikan pada minggu terakhir kajian. Kajian ini menunjukkan kultur M memiliki kadar kemandirian yang lebih tinggi dalam produk MKT berbanding dengan kultur kawalan, serta botol HDPE (*opaque*) berfungsi dengan lebih baik dalam memelihara pertumbuhan kultur berbanding dengan botol PETG (*amber*). Kadar kemandirian kultur M yang tinggi membuktikan bahawa hubungan simbiotik antara kedua-dua strain meningkatkan kelangsungan hidup berbanding kultur tunggal dalam produk susu kultur komersial. Sementara itu, penggunaan botol HDPE (*opaque*) yang meminimumkan pendedahan kultur terhadap cahaya merupakan faktor yang menyumbang kepada kadar kemandirian yang lebih tinggi. Botol HDPE bersifat legap sepenuhnya (*opaque*) dan memberikan perlindungan yang hampir menyeluruh terhadap cahaya, termasuk sinar ultraungu (UV) yang menjejaskan kestabilan bakteria. Sebaliknya, botol PETG (*amber*) hanya mampu menapis sebahagian sinar ultraungu, tetapi masih membenarkan penembusan cahaya tampak. Pendedahan kepada



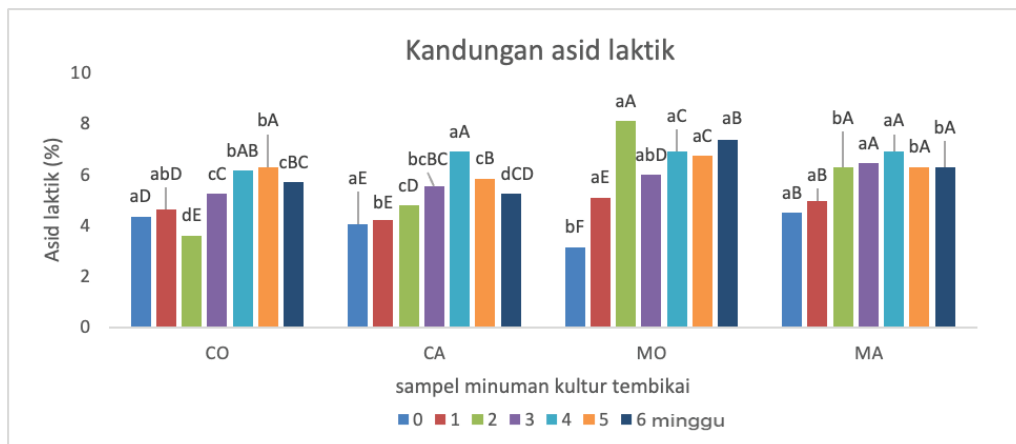
Nota:

CA: sampel dengan kultur kawalan (C) di dalam botol PETG *amber*, CO: sampel dengan kultur kawalan di dalam botol HDPE *opaque*, MA: sampel dengan kultur M di dalam botol PETG *amber* dan MO: sampel dengan kultur M di dalam botol HDPE *opaque*. Nilai purata ($n = 3$) dengan huruf yang berbeza menunjukkan perbezaan signifikan pada $p < 0.05$. Huruf kecil menunjukkan perbandingan antara sampel minuman manakala huruf besar menunjukkan perbandingan produk antara minggu penyimpanan

Rajah 1. Pertumbuhan bakteria Lactobacillus sp. dalam minuman kultur tembikai

cahaya boleh menghasilkan radikal bebas (ROS) dan menyebabkan pengoksidaan komponen nutrien seperti protein dan vitamin dalam produk, sekali gus memberi tekanan oksidatif kepada sel *Lactobacillus* dan merencatkan pertumbuhannya. Maka, botol HDPE yang tidak telus cahaya didapati lebih berkesan dalam mengekalkan viabiliti kultur LAB sepanjang tempoh penyimpanan.

Penentuan kandungan asid laktik dijalankan bagi membuktikan penghasilan asid laktik oleh LAB sepanjang tempoh fermentasi dan penyimpanan. Asid laktik dihasilkan daripada proses fermentasi laktosa oleh LAB yang menjadikan produk ini dapat dinikmati oleh pengguna yang menghadapi masalah intoleransi laktosa. Penghasilan asid laktik juga berperanan dalam memanjangkan tempoh jangka hayat serta melindungi produk daripada bakteria pencemar dan patogen. *Rajah 2* menunjukkan kandungan asid laktik yang dicerap pada setiap minggu selama enam minggu penyimpanan pada suhu 4 °C. Penghasilan asid laktik oleh kultur M dalam botol *opaque* (3.15 – 8.10%) semakin meningkat secara signifikan pada dua minggu terawal dan semakin menurun pada minggu berikutnya (8.10 – 7.35%), namun masih tinggi berbanding dengan sampel kawalan. Minuman kultur tembikai dengan kultur kawalan di dalam botol HDPE *opaque* (CO) dan minuman kultur tembikai dengan kultur kawalan di dalam botol PETG *amber* (CA) masing-masing mencatatkan kandungan asid laktik dalam julat 3.60 – 6.30% dan 4.05 – 6.90%. Perbandingan antara kultur menunjukkan keputusan yang sejajar dengan kemandirian kultur, di mana kultur M secara purata menghasilkan asid laktik yang lebih tinggi berbanding dengan kultur kawalan. Penghasilan asid laktik didapati lebih tinggi dalam botol HDPE (*opaque*) berbanding dengan botol *amber*.



Nota:

CO: sampel dengan kultur kawalan di dalam botol HDPE *opaque*, CA: sampel dengan kultur kawalan (C) di dalam botol PETG *amber*, MO: sampel dengan kultur M di dalam botol HDPE *opaque* dan MA: sampel dengan kultur M di dalam botol PETG *amber*. Nilai purata (n = 3) dengan huruf yang berbeza menunjukkan perbezaan signifikan pada $p < 0.05$. Huruf kecil menunjukkan perbezaan antara sampel minuman kultur manakala huruf besar menunjukkan perbezaan produk antara minggu penyimpanan

Rajah 2. Kandungan asid laktik dalam minuman kultur tembikai

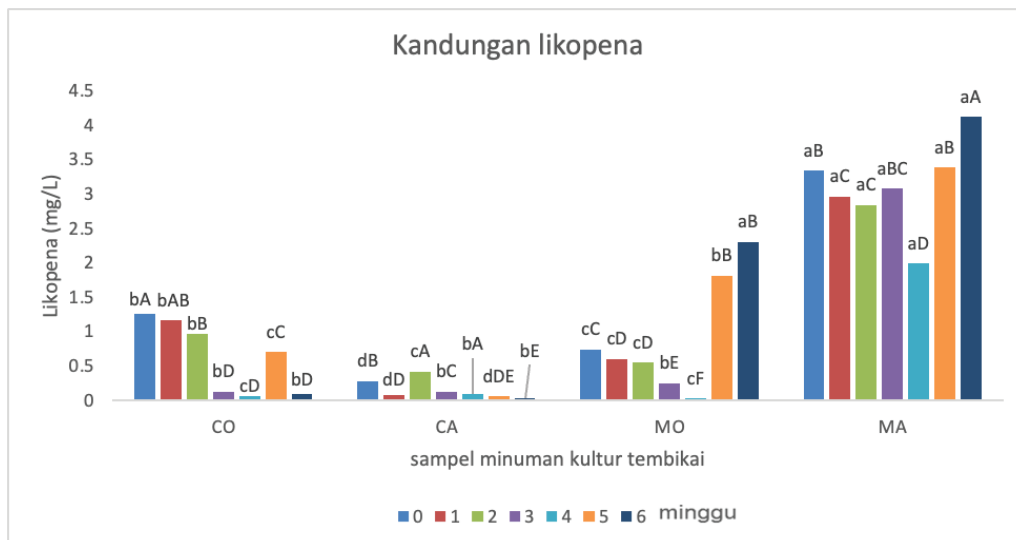
Kandungan likopena

Tembikai kaya dengan kandungan likopena iaitu sebatian antioksidan yang tergolong dalam kumpulan karotenoid. Likopena adalah pigmen berwarna merah yang hadir secara semula jadi dalam buah-buahan dan sayur-sayuran berwarna merah terutamanya dalam tomato, tembikai, betik, jambu batu merah (*pink guava*) dan lada merah. Beberapa kajian saintifik melaporkan likopena mempunyai aktiviti antioksidan yang lebih tinggi berbanding dengan lutein atau β -karotena dan mampu mencegah penyakit kronik seperti penyakit kardiovaskular dan mengurangkan pengoksidaan lipid dan protein. Likopena berupaya memerangkap radikal bebas dan menyingkir oksigen tunggal yang membahayakan kesihatan sel manusia.

Dalam kajian ini, kandungan likopena dalam minuman kultur tembikai ditentukan menggunakan teknik spektrofotometer UV. *Rajah 3* menunjukkan kandungan likopena dalam minuman kultur tembikai sepanjang enam minggu penyimpanan pada suhu 4 °C. Kultur M menghasilkan kandungan likopena yang lebih tinggi selaras dengan kemandirian kultur, membuktikan pengaruh LAB terhadap peningkatan aktiviti antioksidan. Hubungan ini menunjukkan bahawa kehadiran kultur yang aktif dapat membantu mengekalkan kestabilan sebatian bioaktif seperti likopena melalui pengurangan tekanan oksidatif dalam medium penyimpanan. Semasa penyimpanan sejuk, metabolisme bakteria asid laktik yang masih aktif berpotensi menghasilkan sebatian pelindung seperti enzim antioksidan atau asid organik yang dapat memperlahankan degradasi pigmen karotenoid.

Rajah 3 juga menunjukkan pola berbeza bagi kandungan likopena, di mana nilai likopena dalam minuman kultur tembikai yang dibotolkan menggunakan PETG (*amber*) adalah lebih tinggi ($p < 0.05$) berbanding dengan HDPE (*opaque*). Penemuan ini berkemungkinan disebabkan oleh perbezaan sifat optik dan kebolehtelapan bahan pembungkus terhadap cahaya, oksigen dan kelembapan. Bahan PETG (*amber*) mempunyai keupayaan untuk menapis sinaran UV, sekali gus mengurangkan degradasi pada struktur konjugat likopena. Pada masa yang sama, bahan ini masih membenarkan penembusan cahaya merah-kuning yang dapat membantu menstabilkan bentuk *all-trans* likopena melalui mekanisme resonans, seterusnya mengekalkan aktiviti biologi pigmen tersebut. Sebaliknya, HDPE legap yang bersifat tidak telus terhadap cahaya tampak berpotensi mewujudkan persekitaran dalaman yang kurang seimbang dari segi interaksi cahaya dan oksigen, menyebabkan peningkatan kadar pengoksidaan dan kehilangan likopena semasa penyimpanan. Di samping itu, PETG mempunyai kadar kebolehtelapan oksigen yang lebih rendah berbanding dengan HDPE yang membantu mengurangkan tindak balas oksidatif dan mengekalkan kestabilan warna serta aktiviti antioksidan dalam produk.

Sampel MO dan MA menunjukkan penurunan kandungan likopena sehingga minggu keempat diikuti oleh peningkatan ketara pada minggu kelima dan keenam (*Rajah 3*). Peningkatan semula ini mungkin disebabkan oleh aktiviti metabolik kultur M yang menghasilkan enzim atau metabolit (termasuk biosurfaktan) yang



Nota:

CO: sampel dengan kultur kawalan (C) di dalam botol HDPE *opaque*, CA: sampel dengan kultur kawalan (C) di dalam botol PETG *amber*, MO: sampel dengan kultur M di dalam botol HDPE *opaque* dan MA: sampel dengan kultur M di dalam botol PETG *amber*. Nilai purata ($n = 3$) dengan huruf yang berbeza menunjukkan perbezaan signifikan pada $p < 0.05$. Huruf kecil menunjukkan perbandingan antara sampel minuman kultur manakala huruf besar menunjukkan perbandingan produk antara minggu penyimpanan

Rajah 3. Kandungan likopena dalam minuman kultur tembikai

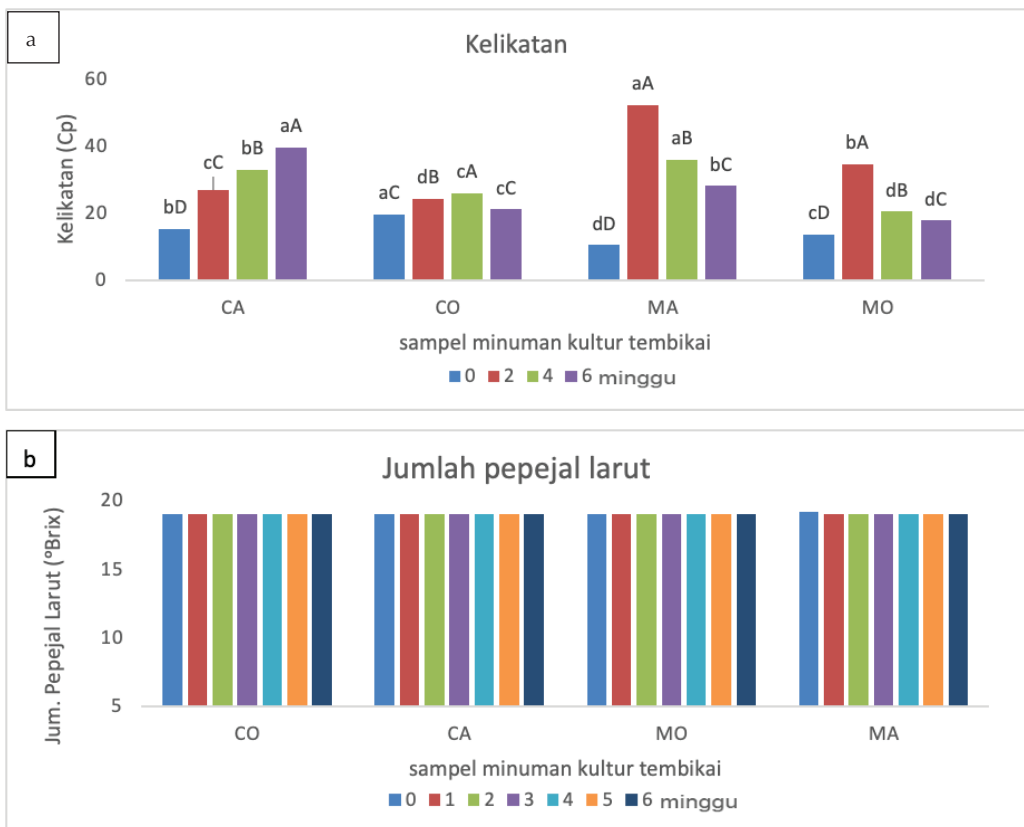
dapat memecahkan struktur sel dan membebaskan likopena terikat ke dalam fasa cecair, lalu meningkatkan kandungan pigmen tersebut pada minggu akhir penyimpanan.

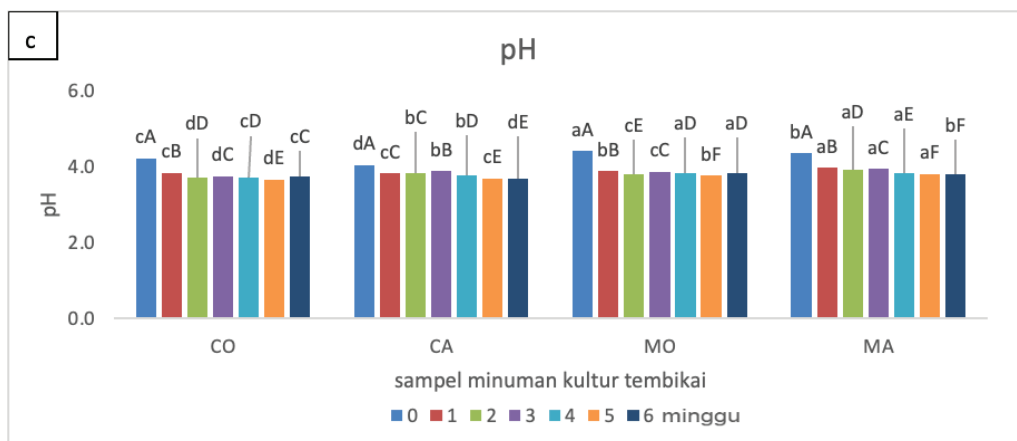
Ciri fizikal

Kelikatan minuman kultur tembikai diukur menggunakan peralatan *viscometer* dan dilaporkan dalam unit Cp. *Rajah 4(a)* menunjukkan nilai kelikatan MKT meningkat secara signifikan ($p < 0.05$) sepanjang tempoh penyimpanan bagi sampel kawalan (CA dan CO). MKT dengan kultur M (MA dan MO) pula menunjukkan peningkatan nilai kelikatan sehingga minggu kedua diikuti penurunan pada minggu keempat dan keenam. Menurut kajian terdahulu, perubahan kelikatan produk minuman bergantung kepada aktiviti metabolik kultur bakteria, interaksi antara sebatian bioaktif dan sifat fizikal bahan pembungkus. Peningkatan awal ini mungkin disebabkan oleh penghasilan eksopolisakarida (EPS) oleh bakteria asid laktik semasa proses fermentasi. EPS yang dihasilkan dapat meningkatkan kelikatan sistem koloid dengan membentuk rangkaian gel antara zarah protein dan polisakarida. Penurunan kelikatan pada minggu keempat dan keenam mungkin berpunca daripada penguraian EPS atau degradasi matriks akibat penurunan aktiviti mikrob serta kekurangan substrat (gula) sepanjang penyimpanan. Selain itu, *Rajah 4(a)* juga menunjukkan MKT dalam botol PETG (*amber*) menunjukkan kelikatan lebih tinggi ($p < 0.05$) berbanding dengan botol HDPE (*opaque*). Keadaan ini mungkin dipengaruhi oleh kestabilan optik dan haba yang lebih baik serta kadar kebolehtelapan oksigen yang lebih rendah

dalam PETG. Faktor ini membantu mengekalkan struktur koloid dan aktiviti metabolik bakteria asid laktik dalam menghasilkan EPS yang menyumbang kepada peningkatan kelikatan minuman fermentasi.

Rajah 4(b) menunjukkan tiada perbezaan signifikan bagi jumlah pepejal larut MKT sepanjang tempoh penyimpanan dijalankan. Nilai purata jumlah pepejal larut adalah dalam julat 17 – 19 °Brix. Nilai pH MKT pula ditunjukkan seperti dalam *Rajah 4(c)* di mana terdapat perbezaan yang signifikan bagi setiap jenis sampel sepanjang tempoh penyimpanan. Secara puratanya, nilai pH semakin menurun sepanjang tempoh penyimpanan daripada 4.98 hingga 3.6. Penurunan nilai pH ini boleh dikaitkan dengan kandungan asid laktik yang terhasil semasa penyimpanan. Semakin tinggi kandungan asid laktik dalam MKT, nilai pH akan menurun.





Nota:

CO: sampel dengan kultur kawalan (C) di dalam botol HDPE *opaque*, CA: sampel dengan kultur kawalan (C) di dalam botol PETG *amber*, MO: sampel dengan kultur M di dalam botol HDPE *opaque* dan MA: sampel dengan kultur M di dalam botol PETG *amber*. Nilai purata ($n = 3$) dengan huruf yang berbeza menunjukkan perbezaan signifikan pada $p < 0.05$. Huruf kecil menunjukkan perbandingan antara sampel minuman kultur manakala huruf besar menunjukkan perbandingan produk antara minggu penyimpanan

Rajah 4. Ciri fizikal minuman kultur tembikai (a) kelikatan, (b) jumlah pepejal larut dan (c) pH

Kajian mikrobiologi

Kajian penentuan kehadiran mikroorganisma dilaksanakan bagi menganalisis jumlah dan jenis mikroorganisma yang hadir dalam sesuatu produk makanan/minuman, sekali gus memastikan tahap keselamatan produk tersebut. Sebagai contoh, nilai kiraan bakteria koliform yang tinggi menunjukkan pencemaran pada produk. Manakala ujian pengesanan bakteria patogen seperti *Escherichia coli* (*E. coli*) dan *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) juga dilaksanakan bagi mengesan sebarang potensi keracunan makanan dan penyakit berjangkit melalui makanan. Analisis mikrobiologi telah dilaksanakan sepanjang tempoh penyimpanan bagi menentukan tahap keselamatan dan kualiti produk. Analisis yang dijalankan adalah pengesanan kehadiran yis dan kulat (*yeast and mould*), jumlah keseluruhan koliform (*total coliform*) dan kehadiran *S. aureus*. Analisis jumlah kiraan plat (*total plate count*) tidak dijalankan dalam kajian ini kerana menurut akta keselamatan makanan bagi kebanyakan negara, makanan yang difermentasi tidak memerlukan analisis ini memandangkan kiraan yang tinggi akan diperoleh disebabkan kehadiran kultur bakteria dalam produk.

Jadual 1 menunjukkan kiraan yis dan kulat, jumlah keseluruhan koliform (*total coliform*) dan kehadiran *S. aureus* bagi semua sampel minuman kultur tembikai dan kawalan yang disimpan dalam botol PETG (*amber*) dan HDPE (*opaque*). Bacaan yang diperoleh menunjukkan tiada pertumbuhan mikrob bagi semua sampel minuman kultur tembikai sehingga enam minggu penyimpanan pada suhu 4 °C. Dapatan analisis membuktikan parameter pemprosesan yang digunakan adalah mencukupi untuk memusnahkan patogen yang hadir.

Jadual 1. Hasil ujian mikrobiologi (pencemaran) minuman kultur tembikai yang disimpan dalam botol plastik PETG *amber* dan HDPE *opaque* sepanjang tempoh penyimpanan

Sampel	Minggu penyimpanan (4 °C)	Jumlah yis dan kulat (CFU/mL)	Koliform dan <i>E. coli</i> (CFU/mL)	<i>S. aureus</i> (CFU/mL)
CA	0 – 6	< 1.0 × 10	< 1.0 × 10	< 1.0 × 10
CO	0 – 6	< 1.0 × 10	< 1.0 × 10	< 1.0 × 10
MA	0 – 6	< 1.0 × 10	< 1.0 × 10	< 1.0 × 10
MO	0 – 6	< 1.0 × 10	< 1.0 × 10	< 1.0 × 10

Nota:

CO: sampel dengan kultur kawalan di dalam botol HDPE *opaque*, CA: sampel dengan kultur kawalan (C) di dalam botol PETG *amber*, MO: sampel dengan kultur M di dalam botol HDPE *opaque* dan MA: sampel dengan kultur M di dalam botol PETG *amber*. Setiap bacaan adalah nilai purata bagi analisis sampel sebanyak tiga replikasi

Kesimpulan

Kajian kestabilan kualiti dan jangka hayat penyimpanan produk minuman kultur tembikai (MKT) menunjukkan produk ini stabil dan selamat diminum sehingga enam minggu penyimpanan pada suhu sejuk dingin (4 °C). Penggunaan kultur pemula probiotik M (gabungan kultur *L. paracasei* dan *L. bulgaricus*) menghasilkan minuman kultur tembikai dengan kadar kemandirian LAB, kandungan asid laktik dan likopena yang lebih tinggi berbanding dengan kultur kawalan. Hasil kajian juga menunjukkan penggunaan botol plastik HDPE (*opaque*) berfungsi dengan lebih baik dalam memelihara pertumbuhan kultur berbanding dengan botol PETG (*amber*) di mana kemandirian bakteria asid laktik dan kandungan asid laktik adalah lebih tinggi dalam botol HDPE (*opaque*). Namun, kandungan sebatian likopena dan kelikatan minuman kultur tembikai lebih tinggi dalam botol PETG (*amber*) berbanding dengan HDPE (*opaque*). PETG (*amber*) mempunyai kadar kebolehtelapan oksigen dan wap air yang lebih rendah berbanding dengan HDPE (*opaque*) yang membantu mengurangkan tindak balas oksidatif dan mengekalkan kestabilan kelikatan serta aktiviti antioksidan dalam produk. Oleh itu, penggunaan botol PETG (*amber*) adalah disarankan berikutan keupayaannya memelihara kestabilan likopena dalam produk minuman kultur tembikai.

Penghargaan

Jutaan terima kasih buat kakitangan MARDI terutamanya Saifuddin Omar, Muhammad Ramdhan Addman dan ahli-ahli projek penyelidikan yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam kajian ini. Projek ini dibiayai oleh dana Projek Pembangunan RMK-12 iaitu 'Pembangunan Pakej Kejuruteraan Pertanian Bersepadu yang Berimpak Tinggi Serta Kos Efektif Bagi Teknologi Pengeluaran, Pengendalian Lepas Tuai dan Pemprosesan Produk Pertanian Terpilih (Padi, Buah-Buahan, Sayur-Sayuran)' (Sub-projek 3: Menguji dan menambah baik pakej lengkap sistem pengendalian lepas tuai dan pemprosesan tembikai untuk aktiviti pembersihan, penggredan, pemprosesan, pembungkusan dan penyimpanan, dan pembangunan produk. No. Projek: 21400010170521)

Bibliografi

- Doğru, A. (2025). Experimental investigation on transparency properties of PETG material produced by MEX. *Journal of Elastomers & Plastics*, 57(4), 580–598.
- Hasnisa, H., Mohamed Nazim, A., Syahida, M., & Hadijah, H. (2020). Kaedah mudah penentuan likopena dalam penyaringan buah-buahan tempatan terpilih. *Buletin Teknologi MARDI*, Bil. 18, 51–58.
- Hazniza, A., Nur Baizura, S., Hasnisa, H., Nurzam Ezdiani, Z., Siah, W. M., Siti Nurathirah, A. H., Zainon, M. S., Masniza, S., & Teoh, C. C. (2024). Pembangunan minuman kultur tembikai menggunakan kultur pemula campuran *Lactobacilli* sp. strain probiotik. *Buletin Teknologi MARDI*, Bil. 41, 11–23.
- Jabatan Pertanian Malaysia. (2023). Booklet Statistik Tanaman (Subsektor Tanaman Makanan) 2023.
- Kumar, V.N., Asmathulla, E.P., & Kavimani, S. (2017). A Systematic Review on Lycopene and its Beneficial Effects. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 10 (4), 2113–2120.
- Lembaga Penyelidikan Undang-undang. (2021). Akta Makanan 1983 (Akta 281) dan Peraturan-peraturan. Selangor: International Law Book Services.
- Oh, J., Park, S. B., Cha, C., Jeon, H., Oh, D. X., Koo, J. M., & Park, J. (2024). Compostable plastic/paper composites with high gas/moisture barriers for sustainable beverage bottles. *Chemical Engineering Journal*, 484, 149651.
- Patel, A., & Prajapati, J. B. (2013). Food and health applications of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *Adv Dairy Res*, 1(2), 1–7.
- Ruas-Madiedo, P., & De Los Reyes-Gavilán, C. G. (2005). Invited review: methods for the screening, isolation, and characterization of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 88(3), 843–856.
- Shi, K., Hu, T., Zhang, P., Zhang, S., Xu, Y., Zhang, Z., & Pan, S. (2022). Thermal conditions and active substance stability affect the isomerization and degradation of lycopene. *Food Research International*, 162, 111987.
- Xianquan, S., Shi, J., Kakuda, Y., & Yueming, J. (2005). Stability of lycopene during food processing and storage. *Journal of Medicinal Food*, 8(4), 413–422.

Ringkasan

Minuman kultur tembikai dibangunkan daripada puri tembikai yang diinokulasi dengan bakteria asid laktik (LAB) strain probiotik bagi menghasilkan minuman berciri probiotik yang baik untuk kesihatan perut. Kajian kestabilan kualiti produk minuman kultur tembikai dijalankan selama enam minggu penyimpanan pada suhu sejuk dingin (4 °C) menggunakan bahan pembungkus berbeza. Analisis pencirian minuman kultur tembikai dilaksanakan pada setiap minggu kecuali bagi ujian kelikatan (setiap dua minggu) untuk menentukan kestabilan kualiti produk semasa penyimpanan. Antara parameter analisis termasuklah kiraan pertumbuhan bakteria asid laktik, kandungan asid laktik, likopena, ujian mikrobiologi dan fizikal seperti penentuan kelikatan, nilai

pH serta jumlah pepejal larut. Hasil analisis pencirian produk menunjukkan penggunaan kultur pemula probiotik M (gabungan kultur *L. paracasei* dan *L. bulgaricus*) menghasilkan minuman kultur tembikai dengan kadar kemandirian LAB, kandungan asid laktik dan likopena yang lebih tinggi berbanding dengan kultur kawalan. Botol polietilena berketumpatan tinggi (HDPE - *opaque*) lebih berkesan dalam menyokong pertumbuhan kultur, dengan kemandirian bakteria asid laktik serta kandungan asid laktik yang lebih tinggi berbanding dengan botol polietilena tereftalat glikol (PETG - *amber*). Sebaliknya, botol PETG (*amber*) mengekalkan kandungan likopena dan kelikatan minuman pada tahap lebih tinggi, berikutan kebolehtelapan oksigen dan wap air yang lebih rendah yang membantu mengurangkan tindak balas oksidatif serta mengekalkan aktiviti antioksidan.

Summary

Watermelon cultured drinks are developed from watermelon purée inoculated with probiotic strains of lactic acid bacteria (LAB) to produce a functional beverage beneficial for gut health. Quality stability studies of watermelon cultured drinks were carried out for six weeks of storage at chilled temperatures (4 °C) using different packaging materials. Characterisation analyses of watermelon cultured drinks were conducted weekly for six weeks of storage (except for the viscosity test, which was performed every two weeks) to determine the stability of product quality. The parameters analysed included LAB viable count, lactic acid content, lycopene content, microbiological quality and physical analyses, including viscosity, pH and total soluble solids tests. The results showed that the use of probiotic starter culture M (a combination of *L. paracasei* and *L. bulgaricus*) produced a watermelon cultured drink with higher LAB viability, lactic acid and lycopene content compared to the control culture. High-density polyethylene (HDPE, *opaque*) bottles were more effective in supporting culture growth, as indicated by higher lactic acid bacteria viability and lactic acid content compared to polyethylene terephthalate glycol (PETG, *amber*). In contrast, PETG (*amber*) bottles better preserved the lycopene content and viscosity of the beverage, due to their lower oxygen and water vapour permeability, which helps reduce oxidative reactions and maintain the product's antioxidant activity.

Pengarang

Hasnisa Hashim

Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan,

Ibu pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM,

43400 Serdang, Selangor

E-mel: hasnisa@mardi.gov.my

Hazniza Adnan (Datin Dr.), Nur Baizura Sa'dom, Nurul Nabilah Mohd Fiteri,

Nurzam Ezdiani Zakaria (Dr.), Aishah Mohd Ramli, Munirah Abdul Zaman

dan Yangmurni Zamani

Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan,

Ibu pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM,

43400 Serdang, Selangor

Teoh Chin Chuang (Dr.)

Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu pejabat MARDI,

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor