

KEPELBAGAIAN LANDSKAP FERMENTASI MAKANAN DI MALAYSIA: MANFAAT KESIHATAN, DINAMIKA PENGELUARAN, DAN KESELAMATAN DALAM KONTEKS WARISAN BUDAYA

Nur Jannah Binti Bukhariⁱ, Siti Nor Baya Mat Yacobⁱⁱ & Siti Nor Azhani Binti Mohd Toharⁱⁱⁱ

ⁱⁱ(Penulis Koresponden) *Siti Nor Baya Mat Yacob*.Pensyarah, Pusat Pengajian Teras, (USIM),
snorbaya@usim.edu.my

ⁱPensyarah, Pusat Pengajian Teras, (USIM). jannahbukhari@usim.edu.my

ⁱⁱⁱPensyarah, Pusat Pengajian Teras, Universiti Sains Islam Malaysia (USIM).
azhanitohar@usim.edu.my

Abstrak

Makanan fermentasi merupakan komponen integral dalam diet dan warisan budaya masyarakat di Malaysia. Proses biokimia purba ini bukan sahaja berfungsi sebagai kaedah pengawetan makanan yang efektif tetapi juga meningkatkan nilai pemakanan, ciri-ciri sensori, dan menawarkan pelbagai manfaat kesihatan. Ulasan komprehensif ini bertujuan untuk meneroka landskap makanan fermentasi tradisional di Malaysia secara mendalam, merangkumi kepelbagaian produk daripada sumber buah-buahan, sayur-sayuran, dan hasil laut. Artikel ini menganalisis peranan metabolik komuniti mikrob yang terlibat, terutamanya Bakteria Asid Laktik (BAL), yis, dan kapang. Manfaat kesihatan yang dikaitkan dengan pengambilannya, termasuk peningkatan kesihatan gastrousus, modulasi sindrom metabolik, dan fungsi neurologi melalui paksi usus-otak, dibincangkan secara terperinci. Di samping itu, potensi fermentasi dalam konteks kelestarian dan keterjaminan makanan melalui penggunaan sisa makanan sebagai substrat turut diketengahkan. Walau bagaimanapun, di sebalik potensinya, wujud cabaran kritikal yang perlu ditangani. Dimensi budaya dan keagamaan melalui kerangka fiqh al-at'imah turut dibincangkan bagi menggariskan integrasi kearifan tempatan dalam amalan harian. Kesimpulannya, walaupun makanan fermentasi Malaysia adalah khazanah warisan yang kaya dengan potensi, penyelidikan berterusan, pemantauan ketat, dan standardisasi pengeluaran adalah mustahak untuk memastikan keselamatan, kualiti, dan kemampunan sektor ini pada masa hadapan.

Kata kunci: Makanan fermentasi, Malaysia, Keselamatan Makanan, Warisan Budaya

PENDAHULUAN

Fermentasi merupakan salah satu teknologi pemrosesan makanan tertua yang diamalkan oleh manusia, dengan bukti arkeologi menjejaknya kembali ke zaman Neolitik (Nuraida, 2022). Didefinisikan oleh Louis Pasteur sebagai "La vie sans l'air" atau "hidupan tanpa udara," proses ini pada dasarnya adalah transformasi biokimia komponen makanan yang dimangkin oleh aktiviti enzimatik mikroorganisma dalam keadaan anaerobik (Nuraida, 2022). Sejak beribu-ribu tahun, amalan ini telah menjadi tonggak dalam diet manusia di seluruh dunia, memainkan peranan penting bukan sahaja sebagai kaedah pengawetan makanan untuk mengharungi musim sukar, tetapi

juga sebagai sebahagian daripada proses pengurusan makanan dan budaya kulinari yang sehati dalam kehidupan harian (Husaini & Juliana, 2023).

Di Malaysia dan rantau Asia Tenggara, makanan fermentasi mempunyai kepentingan budaya dan sejarah yang mendalam. Sejak abad ke-15, masyarakat di rantau ini telah mengintegrasikan pelbagai produk fermentasi ke dalam diet harian mereka, didorong oleh faktor geografi yang kaya dengan sumber laut dan pertanian. Produk seperti tempoyak, belacan, budu, dan pekasam bukan sekadar makanan, tetapi manifestasi kearifan tempatan (*local wisdom*) dalam memastikan keterjaminan bekalan makanan, terutamanya untuk menyimpan hasil yang melimpah pada musimnya untuk kegunaan di luar musim (Idris et al., 2019). Kebijaksanaan ini, yang berakar umbi daripada kaedah pertukangan tradisional, kini telah berkembang menjadi subjek kajian saintifik yang mendapat perhatian global (Husaini & Juliana, 2023).

Peralihan daripada amalan tradisional kepada penerokaan saintifik moden didorong oleh bukti yang semakin kukuh mengenai manfaat kesihatan makanan fermentasi. Penemuan ini telah mengubah persepsi terhadap makanan fermentasi daripada sekadar makanan ruji kepada "makanan fungsian" yang berpotensi mencegah penyakit dan meningkatkan kesejahteraan (Nuraida, 2022; Sanlier et al., 2017). Makanan ini kini diiktiraf sebagai sumber semula jadi yang kaya dengan mikroorganisma bermanfaat yang dikenali sebagai probiotik, terutamanya Bakteria Asid Laktik (BAL), yang menyumbang kepada kesihatan usus dan pelbagai fungsi fisiologi lain (Ajibola, O.O. et al., 2023).

Walau bagaimanapun, di sebalik potensinya yang besar, landskap makanan fermentasi di Malaysia turut diiringi oleh cabaran dan kebimbangan yang signifikan. Jurang penyelidikan masih wujud dalam pencirian mikrobiologi pelbagai produk tempatan yang kurang dikenali, terutamanya dari Borneo Utara (Ajibola et al., 2023). Lebih kritikal lagi, isu keselamatan makanan, terutamanya ancaman rintangan antibiotik dalam strain BAL yang diasingkan daripada makanan fermentasi tempatan, telah muncul sebagai kebimbangan kesihatan awam yang serius dan memerlukan perhatian segera (Haryani et al., 2023).

Oleh itu, artikel ini bertujuan untuk menyediakan satu tinjauan yang komprehensif dan bersepadu mengenai makanan fermentasi dalam konteks Malaysia. Ia akan mengupas kepelbagaian produk tradisional, menganalisis asas mikrobiologi yang terlibat, dan menghuraikan secara terperinci manfaat kesihatan yang terbukti secara saintifik. Di samping itu, artikel ini akan meneroka dinamika pengeluaran moden, termasuk potensi kelestarian melalui penggunaan sisa makanan, dan menilai secara kritikal isu-isu mendesak berkaitan keselamatan makanan dan rintangan antibiotik. Akhir sekali, ia akan menyentuh aspek budaya dan keagamaan yang membentuk penerimaan makanan ini dalam masyarakat tempatan, bagi memberikan gambaran holistik mengenai peranan makanan fermentasi sebagai warisan masa lalu, sumber kesihatan masa kini, dan cabaran untuk masa depan.

KAJIAN LITERATUR

Keajaiban fermentasi terletak pada aktiviti metabolik komuniti mikroorganisma yang pelbagai. Mikroorganisma ini mengubah substrat makanan—seperti karbohidrat, protein, dan lemak—menjadi sebatian yang lebih ringkas, menghasilkan perubahan ciri-ciri sensori (rasa, aroma, tekstur), meningkatkan kebolehdigeraman, dan menghasilkan sebatian antimikrob yang bertindak sebagai pengawet semula jadi (Nuraida, 2022). Kumpulan utama mikroorganisma yang terlibat dalam makanan fermentasi di Malaysia dan seluruh dunia adalah Bakteria Asid Laktik, yis, kapang, dan Bakteria Asid Asetik.

Bakteria Asid Laktik (BAL)

BAL adalah kumpulan mikroorganisma yang paling dominan dan penting dalam kebanyakan makanan fermentasi, terutamanya yang berasaskan sayur-sayuran, buah-buahan, dan tenusu (Nuraida, 2022). Mereka merupakan bakteria Gram-positif, tidak membentuk spora, berbentuk batang (basilus) atau kokus, tahan terhadap persekitaran berasid (asidurik), dan bersifat katalase-negatif (Nuraida, 2022). Ciri utama mereka ialah keupayaan untuk menapai karbohidrat bagi menghasilkan asid laktik sebagai metabolit utama (Nuraida, 2022). Penghasilan asid laktik ini akan merendahkan pH persekitaran, sekali gus menghalang pertumbuhan mikroorganisma perosak dan patogen, lantas mengawet makanan secara semula jadi. Genus BAL yang lazim ditemui termasuk *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, dan *Weissella* (Nuraida, 2022; Husaini & Juliana, 2023). *Lactobacillus plantarum* adalah antara spesies BAL yang paling versatil dan kerap diasingkan daripada pelbagai makanan fermentasi Malaysia seperti tempoyak, mandai, sawi asin, dan sawi pahit kerana sifatnya yang tahan terhadap keadaan asid dan garam yang tinggi (Nuraida, 2022; Ajibola, 2023). Selain asid laktik, BAL juga menghasilkan sebatian antimikrob lain seperti hidrogen peroksida, diasetil, dan bakteriosin, iaitu peptida yang boleh membunuh atau merencat pertumbuhan bakteria lain yang berkait rapat, seterusnya meningkatkan lagi keselamatan makanan (Nuraida, 2022).

Yis (Khamir)

Yis adalah sejenis kulat uniselular yang memainkan peranan penting dalam fermentasi yang menghasilkan alkohol dan karbon dioksida. Ia amat lazim dalam penghasilan minuman beralkohol (seperti wain dan tuak), produk bakeri (roti), dan sesetengah kondimen (kicap) (Nuraida, 2022). *Saccharomyces cerevisiae*, juga dikenali sebagai yis pembuat roti atau bir, adalah spesies yis yang paling terkenal dan digunakan secara meluas. Ia menukarkan gula kepada etanol dan karbon dioksida melalui proses fermentasi alkoholik (Nuraida, 2022). Dalam makanan fermentasi tradisional seperti tapai, komuniti yis yang pelbagai sering ditemui, termasuk spesies seperti *Hyphopichia burtonii*, *Saccharomycopsis fibuligera*, dan *Hansenula anomala*, yang

bekerjasama untuk memecahkan kanji kepada gula dan seterusnya kepada alkohol dan sebatian aroma (Nuraida, 2022).

Kapang (Fungi Berfilamen)

Kapang adalah mikroorganisma multiselular aerobik yang penting dalam fermentasi fasa pepejal (*solid-state fermentation*), terutamanya untuk produk berasaskan kekacang dan bijirin di Asia (Nuraida, 2022). Kapang menghasilkan pelbagai jenis enzim hidrolitik ekstraselular seperti protease, amilase, dan lipase, yang amat berkesan dalam memecahkan makromolekul kompleks dalam substrat (Nuraida, 2022; Anal, 2019). *Rhizopus oligosporus* adalah kapang utama yang digunakan dalam pembuatan tempe, di mana miselium putuhnya tumbuh menembusi dan mengikat kacang soya menjadi kepingan padat (Nuraida, 2022). *Aspergillus oryzae* dan *Aspergillus sojae*, dikenali sebagai *koji* di Jepun, adalah kapang yang digunakan untuk menghasilkan enzim bagi proses fermentasi kicap dan tauco (Nuraida, 2022). *Monascus purpureus* pula digunakan dalam penghasilan angkak (beras yis merah), di mana ia menghasilkan pigmen merah semula jadi dan sebatian bioaktif seperti monakolin K yang berpotensi merendahkan kolesterol (Nuraida, 2022; Anal, 2019).

Bakteria Asid Asetik (BAA)

BAA adalah kumpulan bakteria Gram-negatif aerobik yang mempunyai keupayaan unik untuk mengoksidakan etanol (alkohol) kepada asid asetik (cuka) (Nuraida, 2022). Mereka biasanya bertindak pada peringkat kedua fermentasi selepas yis menghasilkan alkohol. Genus utama termasuk *Acetobacter*, *Gluconobacter*, dan *Gluconacetobacter*, yang penting dalam penghasilan cuka dan produk seperti *nata de coco*, di mana mereka mensintesis selulosa bakteria (Nuraida, 2022).

METODOLOGI KAJIAN

Kajian ini menggunakan reka bentuk kualitatif dengan mengaplikasikan kaedah kepustakaan secara sepenuhnya untuk mengumpul dan menganalisis data. Pendekatan ini dipilih bagi membolehkan penerokaan mendalam terhadap makna fermentasi, serta isu dan potensi yang berkaitan dengannya dalam konteks Malaysia. Pengumpulan data dilaksanakan dengan meneliti dan merujuk kepada pelbagai kajian lepas yang relevan, termasuk artikel jurnal akademik, buku, laporan penyelidikan, dan persidangan yang diakses melalui pangkalan data dalam talian dan perpustakaan. Fokus utama adalah untuk mengidentifikasi perbincangan penyelidikan terdahulu mengenai evolusi definisi fermentasi, cabaran yang dihadapinya, dan prospek masa depannya di negara ini.

Proses analisis data pula melibatkan analisis kandungan tematik terhadap semua bahan yang telah dikumpulkan. Data yang diperoleh daripada pelbagai sumber disaring dan disusun mengikut tema-tema utama yang selari dengan objektif kajian, iaitu makna, isu, dan potensi fermentasi. Maklumat yang relevan

kemudiannya disintesis secara kritis untuk membina pemahaman yang komprehensif dan bersepadu.

DAPATAN KAJIAN

Malaysia dianugerahkan dengan biodiversiti yang kaya, dan ini dicerminkan dalam kepelbagaian produk fermentasi tradisionalnya yang menggunakan pelbagai sumber tempatan. Produk-produk ini boleh diklasifikasikan secara meluas berdasarkan bahan mentah utamanya.

Produk Berasaskan Buah-buahan

Tempoyak (Durian Fermentasi) boleh dianggap sebagai produk fermentasi buah yang paling ikonik dan banyak dikaji di Malaysia (Husaini & Juliana, 2023). Ia dihasilkan daripada isi buah durian matang yang dilumatkan, dicampur dengan 1-2% garam (NaCl), dan diperam secara spontan dalam bekas kedap udara selama 5 hingga 7 hari pada suhu bilik (23-27°C) (Husaini & Juliana, 2023). Kandungan gula yang tinggi dan pH awal durian menjadikannya substrat yang ideal untuk pertumbuhan BAL (Nuraida, 2022; Amiza et al., 2004, seperti yang disebut dalam Ruby et al., 2023). Mikroorganisma yang telah diasingkan daripadanya termasuk *Fructobacillus durionis*, *Lactobacillus spp.*, *Lactobacillus durianis*, dan *Weissella paramesenteroides* (Husaini & Juliana, 2023).

Bambangan (Mangga Liar Fermentasi) ialah buah *Mangifera pajang* ini popular di Sabah, di mana isinya dipotong kiub, dicampur dengan biji yang diparut dan 2-5% garam, kemudian diperam selama 1-2 minggu (Husaini & Juliana, 2023). Strain BAL yang ditemui termasuk *Lactobacillus plantarum*, *L. delbrueckii*, dan *L. paracasei* (Husaini & Juliana, 2023).

Produk Berasaskan Sayur-sayuran dan Tumbuhan (Jeruk)

Jeruk merujuk kepada kaedah pengawetan melalui perendaman dalam larutan garam atau cuka. Di Malaysia, ia sering melibatkan fermentasi asid laktik secara semula jadi. Jeruk Maman dihasilkan daripada daun *Cleome gynandra L.* yang diperam menggunakan air basuhan beras yang telah dimasak. Strain BAL yang dikenal pasti termasuk *L. plantarum* dan *L. futsaii* (Husaini & Juliana, 2023). Jeruk Rebung: Rebung buluh muda diperam secara semula jadi di dalam air, kadangkala dengan penambahan garam. *L. plantarum* dan *L. brevis* telah diasingkan daripada produk ini (Husaini & Juliana, 2023). Jeruk Petai: Biji *Parkia speciosa* diperam dengan garam dan cili. Strain utama yang terlibat ialah *L. plantarum*, *L. brevis*, dan *P. pentosaceus* (Husaini & Juliana, 2023). Jeruk Sawi Pahit (Gai Choy): Sayuran berdaun ini popular di Sarawak dan juga dalam kalangan komuniti Cina Malaysia. Ia diasinkan dengan garam, gula, dan rempah lain, kemudian diperam selama beberapa hari. *L. plantarum* dilaporkan sebagai mikroorganisma dominan (Husaini & Juliana, 2023).

Produk Berasaskan Hasil Laut

Memandangkan kedudukan geografinya, produk fermentasi berasaskan ikan dan udang sangat lazim di Malaysia. Belacan ialah Pes udang ini dibuat daripada udang geragau (*Acetes sp.*) yang dicampur garam, dijemur, dan dilumatkan. Proses fermentasi dan penjemuran diulang beberapa kali untuk menghasilkan tekstur dan aroma yang unik dan menyumbang rasa umami yang kuat kepada masakan (Majalah, 2024; Ruby et al., 2023). Budu pula ialah sos ikan ini dihasilkan secara meluas di Kelantan dan Terengganu. Ikan bilis segar dicampur dengan nisbah garam yang tinggi dan diperam di dalam bekas tertutup selama berbulan-bulan. Semasa fermentasi, enzim proteolitik daripada ikan dan mikroorganisma menghidrolisis protein ikan kepada peptida dan asid amino, menghasilkan cecair yang kaya dengan rasa (Majalah, 2024). Cincalok ialah Kondimen ini dibuat daripada udang kecil yang dicampur dengan garam dan nasi masak, kemudian diperam. Nasi berfungsi sebagai sumber karbohidrat untuk BAL. Mikroorganisma yang dikenal pasti termasuk *Tetragenococcus halophilus* dan *Enterococcus faecalis* (Tharmabalan et al., 2025). Pekasam yang diperbuat daripada ikan air tawar (seperti ikan loma atau puyu) dibersihkan dan digaul dengan garam dan beras yang telah digoreng tanpa minyak dan dikisar kasar. Campuran ini diperam selama beberapa minggu. Beras goreng bukan sahaja memberi rasa masam tetapi juga menyerap kelembapan dan menjadi sumber karbohidrat untuk fermentasi (Raji et al., 2021).

Produk Berasaskan Bijirin dan Ubi

Tapai adalah makanan yang dimakan sebagai snek atau pencuci mulut, tapai mempunyai dua varian utama: tapai pulut (daripada beras pulut) dan tapai ubi (daripada ubi kayu). Bahan utama dikukus sehingga masak, disejukkan, dan kemudian digaul dengan ragi (kultur pemula yang mengandungi campuran kapang seperti *Amylomyces rouxii* atau *Rhizopus oryzae* dan yis seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan *Endomycopsis burtonii*). Ragi akan memecahkan kanji kepada gula (rasa manis) dan yis seterusnya menukarkan gula kepada alkohol, menghasilkan rasa manis, sedikit masam, dan beraroma alkohol (Nuraida, 2022; Tharmabalan et al., 2025).

Produk Unik Lain

Mandai (Jeruk Cempedak atau nangka) adalah makanan tradisional masyarakat Banjar ini dihasilkan daripada kulit bahagian dalam (epidermis) buah cempedak atau nangka. Kulit luar yang keras dibuang, dan kulit dalam yang putih direndam dalam larutan air garam pekat selama 7-14 hari. Strain BAL yang ditemui termasuk *L. plantarum* dan *L. paracasei* (Husaini & Juliana, 2023; Nuraida, 2022).

Manfaat Kesihatan dan Aspek Pemakanan

Pengambilan makanan fermentasi menawarkan pelbagai manfaat terapeutik dan pemakanan yang melangkaui nilai nutrisi asasnya, sebahagian besarnya disebabkan

oleh kehadiran probiotik hidup, metabolit bioaktif yang terhasil, dan peningkatan bioketersediaan nutrien. Proses fermentasi secara signifikan meningkatkan profil pemakanan sesuatu makanan mentah. Fermentasi dapat mengurangkan sebatian anti-nutrien seperti asid fitik yang terdapat dalam kekacang dan bijirin. Asid fitik mengikat mineral seperti zat besi, zink, dan kalsium, menghalang penyerapannya. Enzim fitase yang dihasilkan oleh mikroorganisma semasa fermentasi akan menguraikan asid fitik, lantas meningkatkan bioketersediaan mineral (Nuraida, 2022). Mikroorganisma pula mampu mensintesis vitamin tertentu semasa pertumbuhan mereka. Sebagai contoh, fermentasi tempe oleh *Rhizopus oligosporus* diketahui dapat menghasilkan vitamin B12, yang biasanya tidak terdapat dalam sumber tumbuhan (Nuraida, 2022). Selain itu, makanan ini juga membantu Peningkatan Kebolehcernaan Protein dan Karbohidrat. Enzim protease dan amilase bermanfaat seperti *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium* sambil menekan pertumbuhan bakteria patogen seperti *Clostridium spp.* melalui mekanisme pengecualian kompetitif dan penghasilan sebatian antimikrob (Husaini & Juliana, 2023). Probiotik dan bakteria komensal dalam usus menapai serat makanan untuk menghasilkan SCFA seperti **asetat**, **propionat**, dan **butirat**. Butirat adalah sumber tenaga utama untuk sel-sel epitelium kolon (kolonosit) dan memainkan peranan penting dalam menguatkan penghalang usus (*gut barrier*) dan mengurangkan keradangan (Husaini & Juliana, 2023). Probiotik merangsang penghasilan imunoglobulin A (IgA) dalam mukosa usus, yang merupakan barisan pertahanan pertama terhadap patogen dan toksin. Ia juga merangsang rembesan mukin yang membentuk lapisan pelindung pada permukaan usus (Husaini & Juliana, 2023).

Kajian menunjukkan pengambilan kimchi secara berkala dapat mengurangkan berat badan, meningkatkan sensitiviti insulin, dan memperbaiki toleransi glukosa (Nuraida, 2022; Husaini & Juliana, 2023). Tempe gembus didapati mampu mengurangkan tahap trigliserida dan meningkatkan kolesterol HDL ("kolesterol baik") (Husaini & Juliana, 2023). Angkak (beras yis merah) pula mengandungi monakolin K, sebatian yang secara struktur sama dengan lovastatin, ubat yang digunakan untuk menurunkan kolesterol (Nuraida, 2022).

Dinamika Pengeluaran, Kelestarian, dan Keselamatan Makanan

Peralihan daripada pengeluaran skala kecil di rumah kepada pengeluaran komersial berskala besar membawa set cabaran dan pertimbangan baharu yang merangkumi konsistensi kualiti, kelestarian sumber, dan jaminan keselamatan produk. Pengurusan sisa makanan adalah cabaran alam sekitar global yang kritikal. Di Malaysia, sisa makanan merupakan peratusan terbesar sisa pepejal perbandaran, menyumbang kepada pelepasan gas rumah hijau di tapak pelupusan (Abdul Hamid, 2013). Fermentasi menawarkan laluan yang menjanjikan untuk menukar sisa makanan ini kepada produk bernilai tambah. Sisa makanan, yang kaya dengan karbohidrat, adalah substrat yang ideal untuk penghasilan asid laktik oleh BAL

(Abdul Hamid, 2013). Asid laktik mempunyai permintaan industri yang tinggi untuk digunakan dalam makanan, farmaseutikal, dan penghasilan bioplastik (asid polilaktik, PLA).

Kajian telah menunjukkan bahawa pecahan sisa yang berbeza mempunyai keupayaan fermentasi yang berbeza-beza. Sisa sayuran (berselulosa) didapati paling berkesan dalam penukaran gula kepada asid laktik (Abdul Hamid, 2013). Keadaan optimum untuk proses ini juga telah dikenal pasti, termasuk tempoh fermentasi (tiga hari), suhu (25°C), dan pH awal (Abdul Hamid, 2013). Walau bagaimanapun, cabaran utama untuk aplikasi industri berskala besar ialah variasi komposisi sisa makanan, yang membawa kepada hasil yang tidak konsisten (Husaini & Juliana, 2023).

Pertimbangan Keselamatan dan Kualiti dalam Pengeluaran

Menjamin keselamatan makanan fermentasi, terutamanya dalam pengeluaran komersial, adalah amat penting. Penggunaan bahan mentah yang bersih dengan beban mikrob yang rendah adalah kritikal untuk memastikan proses fermentasi didominasi oleh kultur pemula yang diingini (Husaini & Juliana, 2023). Pencemar seperti kapang dari genus *Aspergillus* atau *Penicillium* boleh menghasilkan mikotoksin berbahaya. Sesetengah bakteria, terutamanya jika bahan mentah (seperti ikan dalam budu) tidak segar, boleh menghasilkan amina biogenik seperti histamin dan tiramina melalui dekarboksilasi asid amino. Pengambilan histamin yang tinggi boleh menyebabkan keracunan skombroid, dengan simptom seperti ruam, sakit kepala, dan loya (Ruby et al., 2023). Oleh itu, kawalan kualiti bahan mentah dan amalan pengilangan yang baik (GMP) adalah mandatori. Mengekalkan profil rasa yang konsisten adalah cabaran utama dalam pengeluaran berskala besar. Variasi kecil dalam suhu, pH, atau masa fermentasi boleh mengubah aktiviti biokimia mikrob, membawa kepada penghasilan metabolit yang berbeza dan seterusnya perbezaan rasa (Husaini & Juliana, 2023).

Dimensi Budaya dan Keagamaan: Fiqh al-At'imah di Alam Melayu

Di Alam Melayu, makanan bukan sekadar untuk menyara hidup; ia terjalin erat dengan budaya, tradisi, dan amalan keagamaan. Perbincangan mengenai makanan fermentasi tradisional dalam konteks Islam memberikan gambaran unik tentang bagaimana perundangan agama (fiqh) berinteraksi dengan amalan tempatan. Ulama Muslim-Melayu klasik telah membincangkan status makanan fermentasi seperti tempoyak, budu, cencalok, dan pekasam dalam kerangka fiqh al-at'imah (fiqh pemakanan) (Idris et al., 2019). Mereka secara konsisten berpegang pada mazhab Shafi'i, yang menjadi panduan utama bagi masyarakat Islam di rantau ini (Idris et al., 2019). Salah satu aspek menarik ialah pengiktirafan terhadap citarasa tempatan. Walaupun sesetengah makanan ini mempunyai bau yang sangat kuat dan mungkin dianggap tidak menyenangkan oleh orang luar, para ulama tidak mengharamkannya secara mutlak. Sebaliknya, mereka mengklasifikasikannya sebagai makruh

(perbuatan yang tidak disukai tetapi tidak dilarang), dengan syarat baunya tidak mengganggu orang lain, terutamanya ketika solat berjemaah (Idris et al., 2019). Pendekatan pragmatik ini menunjukkan kebijaksanaan dalam mengintegrasikan keperluan praktikal (pengawetan makanan) dan tradisi kulinari tempatan dalam kerangka perundangan Islam (Idris et al., 2019). Perbincangan fiqh ini menyumbang kepada pembangunan budaya makanan halal dan tayyiban (halal dan baik), di mana makanan bukan sahaja perlu mematuhi larangan yang jelas (seperti babi dan arak) tetapi juga perlu baik, bersih, dan tidak memudaratkan, selaras dengan prinsip kesucian (*taharah*) yang ditekankan dalam Islam (Idris et al., 2019).

KESIMPULAN

Makanan fermentasi di Malaysia adalah khazanah warisan yang dinamik, merapatkan jurang antara amalan tradisional nenek moyang dan penemuan saintifik termaju. Ulasan ini telah menunjukkan bahawa landskap fermentasi tempatan adalah sangat pelbagai, dengan setiap produk mempunyai identiti mikrobiologi dan profil sensori yang unik. Manfaat kesihatan yang dikaitkan dengan pengambilan makanan ini, daripada kesihatan usus hinggalah kepada fungsi kognitif, adalah signifikan dan meletakkannya sebagai komponen penting dalam diet sihat dan sebagai makanan fungsian yang berpotensi tinggi. Potensi untuk memanfaatkan sisa makanan melalui fermentasi pula membuka jalan kepada ekonomi kitaran yang lebih mampan.

Namun, di sebalik masa depan yang cerah, wujud cabaran yang tidak boleh dipandang ringan. Penemuan prevalens tinggi rintangan antibiotik dalam strain BAL daripada produk tempatan adalah satu amaran yang jelas dan memerlukan tindakan segera daripada semua pihak berkepentingan, termasuk pengawal selia, industri, dan ahli akademik. Keselamatan dan kualiti tidak boleh dikompromi dalam usaha mempopularkan makanan fermentasi.

Bagi merealisasikan potensi penuh makanan fermentasi Malaysia, hala tuju penyelidikan masa depan harus memberi tumpuan kepada beberapa bidang utama dengan meneruskan usaha untuk mengasingkan dan mencirikan strain mikrob daripada makanan fermentasi yang kurang dikaji, terutamanya dari Sabah dan Sarawak, untuk meneroka potensi probiotik dan teknologi baharu. Selain itu, menjalankan lebih banyak ujian klinikal manusia untuk mengesahkan manfaat kesihatan yang dikaitkan dengan produk fermentasi Malaysia yang spesifik dan mengenal pasti biomarker yang boleh dipercayai.

Dengan pendekatan bersepadu yang menggabungkan penghargaan terhadap warisan, penyelidikan saintifik yang teliti, dan komitmen terhadap keselamatan awam, tradisi makanan fermentasi Malaysia bukan sahaja dapat dikekalkan tetapi juga dikembangkan untuk memberi sumbangan yang signifikan kepada kesihatan, ekonomi, dan kelestarian global.

RUJUKAN

- Abdul Hamid, A. (2013). Production of lactic acid from co-fermentation of vegetable waste and food waste in open fermentation system (Tesis sarjana). Universiti Sains Malaysia.
- Aidoo, K. E., Rob Nout, M. J., & Sarkar, P. K. (2006). Occurrence and function of yeasts in Asian indigenous fermented foods. In *FEMS Yeast Research* (Vol. 6, Issue 1, pp. 30–39). <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2005.00015.x>
- Ajibola, O. O., Thomas, R., & Bakare, B. F. (2023). Selected fermented indigenous vegetables and fruits from Malaysia as potential sources of natural probiotics for improving gut health. In *Food Science and Human Wellness* 12(5), pp. 1493–1509.
- Ajibola, O. O., Thomas, R., & Bakare, B. F. (2023). Selected fermented indigenous vegetables and fruits from Malaysia as potential sources of natural probiotics for improving gut health. *Food Science and Human Wellness*, 12(5), 1493–1509. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2023.01.016>
- Ammar, M., Idris, H., & Ramli, M. A. (2019). Kearifan tempatan dalam fiqh makanan di alam Melayu, *Jurnal Fiqh* 16(1), 57-82.
- Anal, A. K. (2019). Quality ingredients and safety concerns for traditional fermented foods and beverages from Asia: A review. In *Fermentation* (Vol. 5, Issue 1). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/fermentation5010008>
- Anggraini, L., & Widawati, L. (2015). Pengaruh waktu fermentasi tempoyak terhadap sifat organoleptik sambal tempoyak effect of tempoyak fermentation on organoleptic properties of “tempoyak sauce”, *Agritepa*,1(2), 118-127.
- Haryani, Y., Halid, N. A., Guat, G. S., Nor-Khaizura, M. A. R., Hatta, M. A. M., Sabri, S., Radu, S., & Hasan, H. (2023). High prevalence of multiple antibiotic resistance in fermented food-associated lactic acid bacteria in Malaysia. *Food Control*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109558>
- Husaini, M. K. A. N., & Juliana, M. J. (2023). The health benefits of fermented food: a narrative review. *Malaysian Journal of Science*, 42(1), 78–91. <https://doi.org/10.22452/mjs.vol42no1.8>
- Idris, M. A. H., Ramli, M. A., & Niri, M. A. (2019). Kearifan tempatan dalam fiqh al-at'imah di alam Melayu (Local wisdom in the fiqh of food in the Malay world). *Jurnal Fiqh*, 16(1), 57–82. <https://doi.org/10.22452/fiqh.vol16no1.3>
- Ma, Q., Fu, Y., Sun, H., Huang, Y., Li, L., Yu, Q., Dinnyes, A., & Sun, Q. (2017). Antimicrobial resistance of *Lactobacillus* spp. from fermented foods and human gut. *LWT*, 86, 201. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.059>
- Mohd Zaini, N. S., Idris, H., Yaacob, J. S., Wan-Mohtar, W. A. A. Q. I., Putra Samsudin, N. I., Abdul Sukor, A. S., Lim, E. J., & Abd Rahim, M. H. (2022). The Potential of Fermented Food from Southeast Asia as Biofertiliser. In *Horticulturae* (Vol. 8, Issue 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020102>

- Montagnac, J. A., Davis, C. R., & Tanumihardjo, S. A. (2009). Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(3), 181–194. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2009.00077.x>
- Muhammad Yusri Yusof @ Salleh (2020). Pentakrifan kearifan tempatan: suatu sorotan. *Jurnal Melayu*, 19(2), 175-188.
- Murooka, Y., & Yamshita, M. (2008). Traditional healthful fermented products of Japan. In *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* (Vol. 35, Issue 8, pp. 791–798). <https://doi.org/10.1007/s10295-008-0362-5>
- Nazri, M., Raji, A., Karim, S. A., & Hani Esa, J. (2021) Pengaruh Alam dan Budaya Dalam Pembentukan Makanan Tradisional di Lembah Lenggong, Perak. *Kajian Malaysia* <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Nuraida, L., Hasanah, U., Athaya, D. R., & Refita, K. (2022). *Teknologi fermentasi pangan*, Penerbit IPB Press.
- Ruby, G. E., Abdul Mutalib, N. A., Juhari, N. H., & Ungku Zainal Abidin, U. F. (2023). Food Fermentation Technology: Examples of application in Malaysian Foods. In *Food and Humanity* (Vol. 1, pp. 32–37). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.03.003>
- Shoda, S. (2021). Seeking prehistoric fermented food in Japan and Korea. *Current Anthropology*, 62(S24), S242–S255. <https://doi.org/10.1086/715808>
- Suhaini Md Nor & Mohd Faisal Musa (2021). Fungsi Makanan dalam Interaksi Sosial Masyarakat Melayu: Satu Kajian Teks Cerita Rakyat. *Jurnal Antarabangsa Alam Dan Tamadun Melayu*, 9(2). <https://doi.org/10.17576/jatma-2021-0902-06>
- Thapa, S. P., Shrestha, S., & Anal, A. K. (2020). Addressing the antibiotic resistance and improving the food safety in food supply chain (farm-to-fork) in Southeast Asia. *Food Control*, 108. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106809>
- Tharmabalan, R. T., Rusli, S., Atikah, Lo, R., Saidin, N. F. B., & Basar, Z. (2025). From tradition to table: An introduction to the culture and nutritional significance of Malaysian fermented foods products. In *Journal of Ethnic Foods* (Vol. 12, Issue 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s42779-025-00278-2>
- Wan-Mohtar, W. A. A. Q. I., Ilham, Z., Jamaludin, A. A., David, W., & Mohd Zaini, N. A. (2022). Fermented foods as alternative functional foods during post-pandemic in Asia. In *Frontiers in Food Science and Technology* (Vol. 2). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/frfst.2022.1047970>
- Zhu, W., Luan, H., Bu, Y., Li, X., Li, J., & Ji, G. (2019). Flavor characteristics of shrimp sauces with different fermentation and storage time. *LWT*, 110, 142–151. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.091>