

PENGEMBANGAN INOVASI KECAP AROMATIK BEBAS AFLATOKSIN DI DESA BALONG TUNJUNG, KECAMATAN BENJENG, KABUPATEN GRESIK

Joko Sulisty^{1*}, Irra Chrisyanti Dewi², Jessica Renata Yoewono³

^{1,3}Food Technology Program, Faculty of Tourism, Ciputra University, Surabaya, Indonesia

²Culinary Business Program, Faculty of Tourism, Ciputra University, Surabaya, Indonesia

Abstrak: Untuk mencegah kontaminasi aflatoksin dalam produksi kecap tradisional di Indonesia, ragi kecap dari biakan kapang mutan *Aspergillus oryzae* yang berspora putih, dipersiapkan dari biakan kapang induk *A. oryzae* yang berspora hijau, melalui teknik iradiasi dengan sinar UV pada intensitas tertentu, sehingga diperoleh ragi kecap mutan yang tidak memproduksi aflatoksin dan dapat digunakan sebagai ragi kecap dalam rangka pengembangan produk kecap aromatik bebas aflatoksin di Desa Balong Tunjung, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik. Proses pembuatan kecap aromatik bebas aflatoksin dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu fermentasi ragi (koji) yang dipersiapkan melalui inokulasi ragi kecap mutan pada kacang kedelai yang telah direndam, dikuliti dan dimasak selama 3–5 hari, dilanjutkan dengan fermentasi garam (moromi) berupa perendaman koji pada kadar garam tinggi (18–22%) selama 1–6 bulan, dan selanjutnya dilakukan pengolahan moromi dengan penambahan rempah-rempah aromatik serta pengemasan produk kecap. Hasil fermentasi koji, menunjukkan pertumbuhan miselia kapang berspora putih secara merata pada permukaan kedelai, menunjukkan proses penguraian secara enzimatik protein secara optimal, sehingga mempercepat proses penguraian bahan-bahan organik yang terkandung dalam kedelai selama fermentasi moromi, sehingga meningkatkan kualitas nutrisi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan ragi kecap mutan berspora putih tidak hanya berkontribusi pada pencegahan kontaminasi aflatoksin tetapi juga meningkatkan kualitas nutrisi pada produk akhir kecap.

Kata kunci: ragi kecap, biakan kapang mutan, bebas aflatoksin, spora putih, koji, moromi

PENDAHULUAN

Desa Balongtunjung Kecamatan Benjeng berada di wilayah selatan dari Kabupaten Gresik. Desa yang perbatasan langsung dengan Kabupaten Mojokerto. Wilayah Desa Balongtunjung hampir 80% dari wilayahnya merupakan daerah pertanian. Masyarakat Desa Balongtunjung masih menjunjung tinggi nilai-nilai budaya, kearifan lokal yang masih kental. Saling bertoleransi antar-agama, oleh karena itu di wilayah Desa Balongtunjung terdapat tiga rumpun agama yang

dianut oleh masyarakat pedesaan (<https://desa-balungtunjung.gresikkab.go.id/November, 2022>).

Permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat pada saat ini terutama menyangkut sektor pemberdayaan sehingga masyarakat memerlukan adanya pendampingan, baik dalam bentuk pelatihan usaha, maupun pelatihan keterampilan teknis dan manajemen, khususnya bagi anggota lembaga PKK desa dan masyarakat desa pada umumnya. Masyarakat membutuhkan kemitraan yang berperan membantu perencanaan dan pelaksanaan program pemberdayaan usaha masya-

*Corresponding Author.

e-mail: joko.sulisty@ciputra.ac.id

rakat (<https://desabalungtunjung.gresikkab.go.id/> November, 2022). Guna meningkatkan kualitas masyarakat, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Ciputra Surabaya terus berupaya untuk memberdayakan masyarakat melalui beberapa programnya, antara lain melalui pelatihan pengembangan produk inovasi. Hal tersebut dianggap penting karena dapat meningkatkan pengembangan usaha masyarakat desa.

Latar belakang pelatihan didasari pada suatu kenyataan akan banyaknya produk kecap tradisional di Indonesia yang diproduksi secara konvensional dengan hanya mengandalkan proses fermentasi secara spontan. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa beberapa dari sampel-sampel kecap tradisional tersebut terkontaminasi oleh senyawa aflatoksin pada kadar melebihi ambang batas cemaran aflatoksin yang boleh terbawa pada produk makanan menurut standar FAO, yaitu di bawah 50 ppb (Sulisty & Nikkuni, 2006; Afsah-Hejri *et al.*, 2013). Di negara-negara berkembang, aflatoksin secara alami mengontaminasi produk pertanian, di mana infrastruktur, pemanenan, dan kondisi penyimpanannya buruk. Aflatoksin adalah metabolit sekunder yang bersifat karsinogenik, mutagenik, dan teratogenik. Komoditas pertanian seperti jagung, kacang-kacangan, biji-bijian, teh, rempah-rempah, dan kakao pada berbagai tahapan rantai makanan baik sebelum ataupun pasca pemanenan (Wang *et al.*, 2008; Kuligowski *et al.*, 2017).

Aflatoksin adalah salah satu dari sekian banyak mikotoksin alami yang paling berbahaya dan bersifat toksigenik. Aflatoksin bermasalah pada saat cuaca panas dan kering, dan prevalensinya diperburuk lagi oleh kekeringan, serangan hama cara pemanenan dan pengeringan yang tidak memadai serta penanganan pasca panen yang buruk. Paparan bahan pangan yang terkon-

taminasi aflatoksin pada kadar tinggi dapat menyebabkan kematian langsung pada manusia dan hewan ternak, penurunan kesehatan secara bertahap melalui kerusakan pada organ hati (Hong *et al.*, 2015).

Terdapat enam bentuk aflatoksin, AFB1, AFB2, AFG1, dan AFG2 ditemukan dalam pangan berbasis komoditi pertanian, sedangkan AFM1 dan AFM2 ditemukan dalam produk pangan berbasis hewani. AFB1 adalah yang paling berbahaya dan paling toksik yang dapat menginduksi penyakit kanker hati, dan menunjukkan aktivitas sinergis dengan infeksi virus hepatitis B yang lazim terjadi di negara berkembang, karena hubungannya langsung dengan penyakit kanker hati pada manusia (Ting *et al.*, 2020; Jeong *et al.*, 2019; Tian *et al.*, 2021).

Kemunculan kapang penghasil aflatoksin pada tanaman tidak secara pasti terkait dengan peningkatan kontaminasi yang terjadi, disebabkan adanya perbedaan virulensi dari tanaman inang, kemampuan kompetitif dan faktor lainnya, namun frekuensi terjadinya kontaminasi yang lebih tinggi dapat menyebabkan parahnya kontaminasi yang mengakibatkan kerugian pada produk. Produksi aflatoksin dipengaruhi oleh banyak faktor abiotik dan biotik, terutama dipengaruhi oleh kelembaban relatif yang tinggi dan suhu di luar musim hujan, yang menyebabkan perubahan iklim pada saat dilakukan panen. Tingkat kontaminasi aflatoksin mungkin juga terkait dengan kondisi penanaman, penyimpanan dan transportasi yang kurang memadai (Astoreca *et al.*, 2014).

Untuk menurunkan tingkat toksisitas aflatoksin atau mengurangi kandungannya dalam makanan dan bahan pangan secara signifikan, maka diperlukan pemahaman dan kesadaran akan bahaya aflatoksin sebagai sumber potensial yang berdampak serius terhadap kesehatan ma-

nusia. Meskipun pencegahan adalah cara yang paling efektif untuk menghindari, namun beberapa upaya perlakuan secara kimia, biologi, dan fisika juga telah diujicobakan untuk menonaktifkan aflatoksin atau mengurangi kandungannya dalam bahan makanan (Sipos *et al.*, 2021).

Tujuan dari pelatihan pengembangan inovasi kecap aromatik bebas aflatoksin berbasis pemberdayaan usaha masyarakat dalam rangka mewujudkan masyarakat yang unggul baik kualitas SDM, maupun keragaman jenis-jenis usaha potensialnya sebagai ekonomi kreatif unggulan masyarakat di Desa Balongtunjung, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik.

METODE PELAKSANAAN

Pelatihan Pengembangan Kecap Aromatik Bebas Aflatoksin bagi Lembaga PKK dan masyarakat Desa Balong Tunjung, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik, Jawa Timur diharapkan dapat menjadi alternatif dalam mentransfer iptek dalam rangka pemberdayaan masyarakat di bidang usaha produksi dan pengembangan inovasi produk kecap aromatik bebas aflatoksin. Metode pembuatan kecap tradisional di Indonesia terdiri dari proses utama, yaitu (1) perlakuan bahan baku, (2) fermentasi kedelai dengan ragi kapang (*koji*), (3) fermentasi larutan garam (*moromi*) dan pematangan fermentasi *moromi*, (sari kecap), (4) pengepresan dan penyaringan, dan (5) pengemasan (Gambar 1).

Pengolahan Bahan Baku

Sebelum pengolahan, terlebih dahulu kedelai sebagai baku kecap direndam semalam dan dikuliti untuk mengupas kulit arinya, kemudian dimasak dengan cara dikukus menggunakanandang pada selama 30 menit, kemudian ditiriskan seraya diturunkan suhunya.

Fermentasi Koji

Setelah kedelai dimasak dan ditiriskan, kemudian ditebar di atas tampir bambu yang telah disterilkan terlebih dahulu menggunakan alkohol 70%, kemudian ditaburi ragi kecap mutan sebanyak 1,0%, diaduk rata dan ditutup dengan kertas tipis yang telah disterilkan terlebih dahulu. Kedelai yang telah diinokulasi dengan ragi, selanjutnya diinkubasikan di atas rak-rak kayu atau bambu selama 4–5 hari pada suhu ruang. Selanjutnya, biji kedelai yang telah ditumbuhi spora kapang berwarna putih yang berasal dari ragi mutan (*koji*), kemudian dikeringkan di dalam di bawah sinar matahari selama 1–2 hari (Yamashita, 2021).

Fermentasi Moromi

Setelah pengeringan *koji* selesai dan spora kapang yang menempel pada permukaan kedelai dibersihkan, selanjutnya *koji* dimasukkan ke dalam tangki yang berisi air garam pada kadar tinggi (18–22%) dan diaduk rata, kemudian ditambahkan *moromi* sebanyak 1% yang berasal dari tangki *moromi* sebelumnya dan difermentasi selama 1–6 bulan. Selama proses fermentasi, tutup tangki *moromi* dibiarkan terbuka pada siang hari, ketika cuaca terang, dan ditutup kembali pada malam hari atau ketika cuaca hujan. Fermentasi *moromi* adalah proses yang paling penting dan menentukan kualitas dari suatu produk kecap fermentasi, karena selama proses fermentasi, enzim-enzim mikroba tahan garam tinggi (halofilik) berperan penting menguraikan berbagai bahan organik yang terkandung dalam kedelai dan tepung gandum secara sempurna untuk membentuk berbagai senyawa flavor dan aromatik yang diinginkan yang menjadi karakteristik dari suatu produk kecap aromatik (Ito & Matsuyama, 2021).

Pengolahan Sari Kecap

Setelah *moromi* hasil fermentasi cukup matang, selanjutnya *moromi* dipanen dan diperas beberapa kali sehingga ampasnya kering. Selanjutnya air perasan *moromi* ditambah air bersih dengan perbandingan 1 : 4, dan dimasak sehingga mendidih selama dua jam. Untuk menghasilkan produk kecap aromatik, tambahkan beberapa macam bumbu rempah-rempah sebagaimana pada Gambar 1, dan dimasak secara terus menerus hingga mencapai kekentalan tertentu (viskositas 55–57). Setelah proses pemasakan selesai, sari kecap yang telah menjadi produk kecap, kemudian disaring dengan alat penyaring dan ditempatkan dalam wadah bersih sebelum dikemas dalam kemasan botol kemasan (Sulistyo & Nikkuni, 2006).

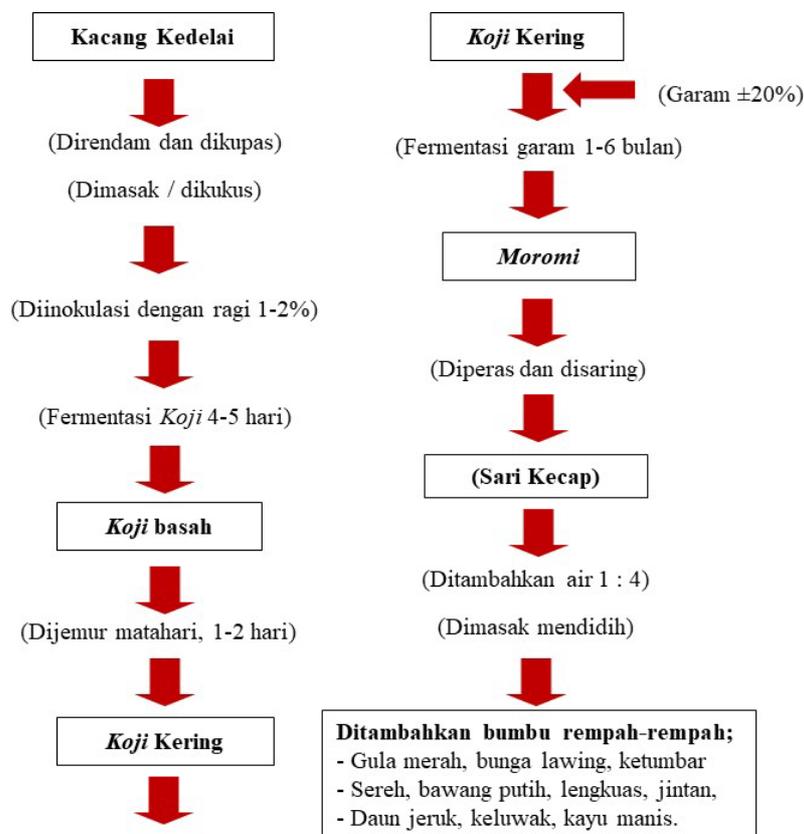
Pengemasan dan Penyimpanan

Selanjutnya untuk meningkatkan nilai jual kecap, setelah proses pengolahan sari kecap selesai, produk kecap yang telah jadi diuji untuk memperoleh keterangan lolos uji kendali mutu, ditinjau dari aspek fisik, kimia, dan mikrobiologis. Sebelum dipasarkan, produk kecap yang telah diolah selanjutnya dikemas dalam botol-botol yang sesuai dan diberi label serta dikirim ke tempat penyimpanan untuk dimatangkan selama 1–2 hari, sebelum dikirim dan dipasarkan ke berbagai tempat penjualan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Aflatoksin pada Kecap Selama Fermentasi

Makanan fermentasi seperti kecap sangat rentan terhadap cemaran mikotoksin karena



Gambar 1 Proses Pembuatan Kecap secara Tradisional Berdasarkan Metode Fermentasi

lama fermentasi di lingkungan alam (Kim & Kim, 2012). Aflatoksin, adalah senyawa beracun yang paling serius dalam pangan fermentasi karena potensi toksisitasnya terhadap manusia dan hewan (Jeong *et al.*, 2019; Woo *et al.*, 2019). Oleh karena itu, sangat penting untuk menguji keberadaan toksin tersebut untuk menentukan keamanan pangan fermentasi. Berkurangnya aflatoksin selama fermentasi dapat disebabkan oleh adanya mikroorganisme yang berbeda yang berpotensi mendegradasi aflatoksin, atau dapat bersifat antagonis terhadap kapang penghasil mikotoksin. Selain itu, beberapa faktor fisik dan kimia yang berpengaruh selama fermentasi mungkin berkontribusi terhadap penurunan aflatoksin secara efektif (Lee *et al.*, 2012).

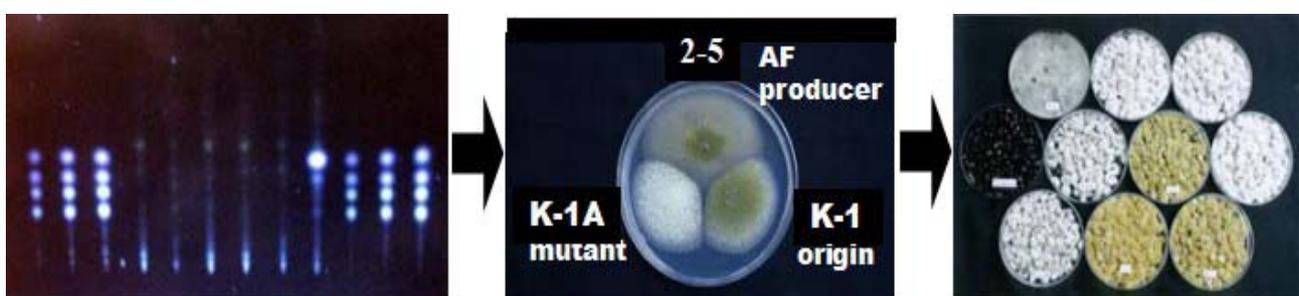
Produksi Ragi Kecap Mutan Bebas Aflatoksin

Ragi kecap dari biakan mutan berspora putih adalah inokulan biakan kapang yang tidak memproduksi aflatoksin, sehingga bermanfaat untuk pembuatan kecap secara fermentasi agar kandungan asam amino dalam produk kecap dapat meningkat dan bebas aflatoksin. Ragi kecap mutan dihasilkan melalui fermentasi *koji*, guna menumbuhkan biakan kapang mutan *A. oryzae* hasil mutasi menggunakan teknik iradiasi sinar UV pada intensitas cahaya, kepekatan spora dan lama waktu penyinaran tertentu se-

hingga menghasilkan spora kapang berwarna putih yang tidak memproduksi aflatoksin (Gambar 2). Penggunaan ragi kecap mutan *A. oryzae* berspora putih tersebut tidak hanya meningkatkan kandungan nutrisi pada produk kecapnya, namun juga bermanfaat dalam mencegah produk kecap dari kemungkinan terjadinya kontaminasi aflatoksin yang bersifat toksik dan karsinogenik penyebab kanker pada organ hati.

Ragi kecap dari biakan kapang mutan berspora putih diproduksi menggunakan bahan dasar berupa beras melalui beberapa tahapan, antara lain perendaman dalam larutan mineral, sterilisasi panas, inokulasi dengan biakan kapang mutan *A. oryzae*, dan inkubasi pada suhu ruang selama 4–5 hari serta pengeringan untuk menurunkan kadar airnya, sehingga tahan untuk penyimpanan jangka panjang (Gambar 3). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan ragi kecap mutan *A. oryzae* berspora putih tidak hanya berkontribusi pada pencegahan kontaminasi aflatoksin namun juga meningkatkan kualitas nutrisi dibandingkan produk kecap tradisional dan konvensional (Sulistyo & Nikkuni, 2006).

Penggunaan ragi kecap mutan berspora putih untuk fermentasi kecap, selain untuk menghasilkan sari kecap berkualitas tinggi, juga menghasilkan asam amino dan protein yang



Gambar 2 Hasil Analisis Pengujian Kandungan Aflatoksin pada Beberapa Sampel Kecap Tradisional (Kiri), Pertumbuhbiakan Mutan *A. oryzae* Menghasilkan Spora Berwarna Putih Dibandingkan Spora dari Biakan Induknya yang Berwarna Hijau (Tengah). Inokulasi Biakan Mutan *A. oryzae* pada Substrat Kacang Kedelai Dibandingkan Biakan Induknya dan Biakan Kapang Hasil Mutasi Lainnya (Kanan)

lebih tinggi dibandingkan dengan ragi kecap konvensional. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan ragi berperan penting dalam menghidrolisis protein yang terkandung dalam kedelai menjadi unsur-unsur asam amino dan peptida yang sangat penting dalam produk kecap. Di samping itu, spesifikasi ragi kecap mutan, selain tidak memproduksi senyawa aflatoksin, asam siklopiazonat maupun mikotoksin lainnya yang membahayakan bagi kesehatan dan keamanan pangan, juga berpotensi dalam pendeteksian dini terjadinya kontaminasi aflatoksin.

Hasil pengamatan pada sampel produk koji yang difermentasi secara spontan maupun yang difermentasi menggunakan ragi konvensional, menunjukkan adanya kontaminasi oleh biakan kapang penghasil aflatoksin yang teridentifikasi sebagai isolat *A. flavus* (Gambar 4), serta beberapa jenis mikroorganisme lainnya yang tidak dikehendaki kehadirannya dalam produk *koji*, terutama aflatoksin yang bersifat toksik dan karsinogenik sehingga menurunkan kualitas dan keamanan pangan produk kecap secara mikrobiologis.

Hasil pengamatan menunjukkan baik produk *koji* hasil fermentasi spontan maupun *koji* dengan ragi konvensional, menunjukkan

adanya kontaminan biakan kapang penghasil aflatoksin.

Untuk mengawali proses fermentasi kecap, pertama kali kedelai direndam semalam dan dimasak dengan dikukus untuk mengubah sifat protein, dan tepung gandum yang ditambahkan. Selanjutnya kedelai diinokulasi dengan ragi kapang mutan dan diinkubasikan selama 4–5 hari pada suhu kamar dengan kelembaban tinggi untuk memungkinkan kapang dapat tumbuh di seluruh permukaan kedelai dan menghasilkan berbagai enzim hidrolisis, seperti enzim proteolitik dan amilolitik, yang berperan penting dalam mendekomposisi substrat. Kualitas kedelai yang difermentasi sangat berpengaruh pada kualitas kecap, sehingga proses penyiapan dan pengolahan kedelai merupakan tahapan paling krusial dalam fermentasi kecap (Gambar 5).

Kedelai hasil fermentasi (*koji*) kemudian ditambahkan kedalam larutan garam pekat (18–22%) untuk menghasilkan sari kecap (*moromi*) melalui fermentasi selama 1–6 bulan. Pada proses *moromi*, seluruh biakan mikroorganisme yang kaya akan enzim digunakan untuk menguraikan bahan baku sehingga menghasilkan asam amino dan gula, yang berperan terhadap ciri khas kecap aroma dan cita rasa kecap. Selain itu,



Gambar 3 Pertumbuhan Beberapa Biakan Mutan *A. oryzae* Dibandingkan dengan Biakan Induk dan Biakan Lainnya yang pada Substrat Kacang Kedelai (Kiri) serta Produk Ragi Kecap Mutan yang Berspora Putih Dibandingkan dengan Ragi Kecap Konvensional yang Berspora Hijau (Kanan)



Gambar 4 Hasil Isolasi Mikroorganisme yang Terdapat pada Produk *Koji* Hasil Fermentasi Menggunakan Ragi Kecap Mutan Bebas Aflatoksin (Kiri) dan Produk *Koji* Hasil Fermentasi Spontan (Tengah) serta Produk *Koji* yang Difermentasi dengan Ragi Konvensional (Kanan)

asam amino dan gula berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhan bakteri asam laktat dan khamir selama fermentasi moromi. Konsentrasi garam yang tinggi tidak memungkinkan bagi pertumbuhan mikroorganisme yang tidak toleran terhadap kadar garam tinggi. Pada fermentasi garam, seluruh biakan mikroba yang terbawa pada fermentasi koji akan mengalami kematian dan digantikan oleh mikroorganisme yang toleran terhadap garam tinggi (halofilik), termasuk bakteri asam laktat halofilik. Keragaman biakan yang tumbuh dalam *moromi* menunjukkan sifat yang berbeda-beda, termasuk dalam mendekomposisi asam amino, fermentasi gula, aktivitas pereduksi, dan metabolisme asam organik (Uchida, 2020).

Bakteri memetabolisme glukosa, yang dihasilkan melalui penguraian pati gandum oleh enzim amilolitik yang berasal dari biakan kapang, menjadi asam laktat, asam sitrat dan asam asetat. Akibatnya, pH tumbukan *moromi* menjadi sedikit asam, sehingga memberikan sedikit rasa asam pada produk kecap. Setelah fermentasi asam laktat halofilik, dua jenis khamir yang toleran garam tinggi berperan dalam fermentasi dan pematangan pada tahap akhir. Masing-masing

yaitu *Zygosaccharomyces rouxii* dan *Candida versatilis* yang tetap aktif hingga tahap akhir pematangan. *Z. rouxii* menghasilkan 2–4% etanol dan sejumlah kecil gliserol dari glukosa, serta metionol, dan beberapa senyawa aromatik khas kecap. Sedangkan *C. versatilis* menghasilkan senyawa aroma yang khas, seperti 4-etilguaiakol, dari senyawa fenolik yang berasal dari lignin pada gandum.

Setelah fermentasi alkohol oleh khamir toleran kadar garam tinggi, sari kecap hasil fermentasi dibiarkan matang untuk jangka waktu tertentu sehingga berbagai reaksi kimia terjadi di antara beragam komponen sari kecap selama fermentasi moromi. Misalnya, rasa manis yang terbentuk melalui reaksi Maillard di antara komponen gula dan asam amino yang dihasilkan melalui dekomposisi enzimatik pada bahan mentahnya. Senyawa tersebut berperan penting terhadap warna khas, kelembutan, dan rasa gurih dari kecap. Terdapat sekitar 300 senyawa aromatik telah teridentifikasi dalam kecap yang sebagian besar terbentuk selama fermentasi moromi dan penuaan sari kecap.

Kecap mengandung lima cita rasa dasar, yaitu manis, asin, asam, pahit, dan gurih serta



Gambar 5 Proses Penyiapan Kacang Kedelai untuk Fermentasi Koji dan Moromi (A), Menggunakan Ragi Kecap Mutan Bebas Aflatoksin (B) sehingga Dihasilkan Produk Koji Melalui Fermentasi Selama 4–5 Hari pada Suhu Ruang (C) untuk Produksi Moromi Melalui Proses Fermentasi Garam (D)

kombinasi yang harmonis dan seimbang yang berkontribusi terhadap penggunaannya sebagai bumbu serba guna. Rasa manis berasal dari glukosa, rasa asin dari garam, dan asam dari asam-asam organik, serta berasal dari asam amino dan peptida yang merupakan produk degradasi protein pada kedelai sebagai bahan bakunya. Asam amino seperti glisin, berkontribusi terhadap rasa manis, sedangkan leusin dan peptida, berkontribusi terhadap rasa pahit, dan asam glutamat serta asam aspartat, berkontribusi terhadap rasa gurih dari kecap (Ito & Matsuyama, 2021).

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian dan pelatihan ini didukung secara finansial oleh Proyek Pengabdian Masyarakat, LPPM, Universitas Ciputra Surabaya tahun 2022. Kami juga berterima kasih kepada Lembaga PKK, Desa Balong Tunjung, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik sebagai mitra pendamping dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat.

KESIMPULAN

Pengembangan inovasi produk kecap aromatik bebas aflatoksin telah berhasil dilak-

sanakan bersama dengan masyarakat dalam kelembagaan PKK Desa Balong Tunjung, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik. Proses pembuatan kecap aromatik bebas aflatoksin dilakukan melalui tahapan fermentasi *koji* dengan cara menginokulasikan ragi kecap mutan pada kacang kedelai yang telah dimasak dan diinkubasikan pada suhu ruang, dilanjutkan dengan fermentasi *moromi* berupa perendaman *koji* pada kadar garam tinggi, dilanjutkan dengan pengolahan *moromi* dengan menambahkan rempah-rempah aromatik serta pengemasan produk akhir berupa kecap aromatik bebas aflatoksin. Hasil fermentasi *koji*, ditandai dengan pertumbuhan miselia kapang berspora putih secara merata pada permukaan kedelai, menunjukkan proses penguraian protein secara enzimatik berlangsung dengan baik, sehingga mempercepat proses penguraian bahan-bahan organik yang terkandung dalam kedelai sehingga mempermudah pembentukan senyawa-senyawa aromatik yang memperkaya nutrisi dan cita-rasa khas kecap selama fermentasi *moromi*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan ragi kecap mutan berspora putih tidak hanya berkontribusi pada pencegahan terjadinya kontaminasi aflatoksin tetapi juga meningkatkan kualitas nutrisi pada produk kecap. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan ragi kecap dari biakan mutan *A. oryzae* berspora putih

tidak hanya berkontribusi pada pencegahan terjadinya kontaminasi aflatoksin tetapi juga dapat meningkatkan kualitas nutrisi produk kecap fermentasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Afsah-Hejri, L., Jinap, S., Hajeb, P., Radu, S., & Shakibazadeh, S. H. (2013). A Review on Mycotoxins in Food and Feed: Malaysia Case Study. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, Vol. 12, 629–651.
- Astoreca, A., Vaamonde, G., Dalcero, A., Marin, S., & Ramos A. (2014). Abiotic factors and their interactions influence on the co-production of aflatoxin B1 and cyclopiazonic acid by *Aspergillus flavus* isolated from corn. *Food Microbiol*, 38: 276–283.
- Hong, S. B., Kim, D. H., Samson, R. A. (2015). *Aspergillus* associated with Meju, a fermented soybean starting material for traditional soy sauce and soybean paste in Korea. *Microbiology*, 43, 218–224.
- Ito, K. & Matsuyama, A. (2021). Koji Molds for Japanese Soy Sauce Brewing: Characteristics and Key Enzymes. *J. Fungi*, 7, 658. <https://doi.org/10.3390/jof7080658>.
- Jeong, S. E., Chung, S. H., & Hong, S. Y. (2019). Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in meju and soybean paste produced in South Korea. *Appl. Biol. Chem.*, 62, 65.
- Kim, M. & Kim, Y. S. (2012). Detection of foodborne pathogens and analysis of aflatoxin levels in home-made doenjang samples. *Prev. Nutr. Food Sci.*, 17, 172–176.
- Kuligowski, M., Pawlowska, K., Jasinska-Kuligowska, I., & Nowak, J. (2017). Isoflavone composition, polyphenols content and antioxidative activity of soybean seeds during tempeh fermentation. *CYTA J. Food*, 15, 27–33.
- Lee, G. I., Lee, H. M., & Lee, C. H. (2012). Food safety issues in industrialization of traditional Korean foods. *Food Control*, 24, 1–5.
- Sipos, P., Peles, F., Brassó D. L., Béri, B., Pusztahelyi, T., Pócsi, I., & Győri, Z. (2021). Physical and Chemical Methods for Reduction in Aflatoxin Content of Feed and Food. *Toxins (Basel)*, 13(3): 204–221.
- Sulisty, J. & Nikkuni, S. (2006). Development of pure starter culture using white-spored mutant of koji mold K-1A for kecap, an Indonesian soy sauce. *JARQ*, 40(2) 171–175.
- Tian, F., Lee, S. Y., Woo, S. Y., Choi, H. Y., Park, S. B., & Chun, H. S. (2021). Effect of plant-based compounds on the antifungal and antiaflatoxigenic efficiency of strobilurins against *Aspergillus flavus*. *J. Hazard. Mater.*, 415, 125–663.
- Ting, W. E., Chang, C. H., Szonyi, B., & Gizachew, D. 2020. Growth and aflatoxin B1, B2, G1, and G2 production by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* on ground flax seeds (*Linum usitatissimum*). *J. Food Prot.*, 83, 975–983.
- Uchida, M., Hideshima, N., Araki, T., Sugiura, Y., Murase, N., Murayama, F., & Iida, M. (2020). Preparation of seaweed cultures grown with the koji mold *Aspergillus oryzae*. *J. Brew. Soc. Jpn.*, 115, 589–603.
- Wang, D., Wang, L. J., Zhu, F. X., Zhu, J. Y., Chen, X. D., Zou, L., & Saito, M. (2008). In vitro and in vivo studies on the antioxidant activities of the aqueous extracts of Douchi (a traditional Chinese salt-fermented soybean food). *Food Chem.*, 107, 1421–1428.
- Website Resmi Desa Balong Tunjung, Kecamatan Benjeng, Kabupaten Gresik, Jawa Timur.

- (2022). <https://desabalungtunjung.gresik-kab.go.id/November>, 2022.
- Woo, S. Y., Ryu, S. Y., Tian, F., Lee, S. Y., Park, S. B., Chun, H. S. (2019). Simultaneous determination of twenty mycotoxins in the Korean soybean paste doenjang by LC-MS/MS with immunoaffinity clean up. *Toxins*, 11, 594.
- Yamashita, H. (2021). Koji Starter and Koji World in Japan. *J. Fungi* 2021, 7, 569. <https://doi.org/10.3390/jof7070569>.