

Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Komponen Flavor Kopi Bioluwak Robusta menggunakan Bakteri dari Usus Luwak

Kusmiyati¹, Agnes Heratri², Sinju Kubikazari³

Keywords :

Kopi Bioluwak;
Fermentasi;
Bakteri Asam Laktat (BAL);
Flavor.

Correspondensi Author

Teknik Industri, Universitas
Dian Nuswantoro
Jl. Imam Bonjol No.207, Kota
Semarang, Jawa Tengah 50131
Email:
kusmiyati@dsn.dinus.ac.id

History Article

Received: 09-Mei-2020;
Reviewed: 21-Mei-2020;
Accepted: 02-Juni-2020;
Available Online: 30-Juli-2020;
Published: 03-Agustus-2020;

Abstrak. Kopi luwak adalah produk kopi yang dihasilkan dari fermentasi didalam pencernaan hewan luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*). Kopi luwak memiliki komponen flavor dan aroma yang berbeda dari kopi biasa. Saat ini proses fermentasi kopi luwak masih bergantung pada fermentasi alami oleh luwak sehingga menimbulkan masalah berkaitan dengan penyalahgunaan hewan dan keterbatasan produksi. Sehingga, tujuan dari pengabdian ini adalah memproduksi kopi bioluwak secara *in vitro* dengan Bakteri Asam Laktat (BAL) dari usus luwak dan mengidentifikasi komponen flavornya untuk mengatasi ketersediaan kopi dari hewan luwak. Proses fermentasi dilakukan dengan variasi waktu 8-48 jam dan identifikasi komponen kimia menggunakan GC-MS. Hasil identifikasi kimia kopi bioluwak pada fermentasi 48 jam memiliki jumlah asam palmitat tertinggi 16.43% dan kafein tertinggi 60.91%. Kemudian pada fermentasi 8 jam memiliki asam linoleat tertinggi 68.67%. Sehingga, metode fermentasi dari percobaan ini dapat digunakan untuk memproduksi kopi bioluwak robusta.

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

PENDAHULUAN

Produksi kopi adalah bagian penting perekonomian lebih dari 60 negara. Indonesia adalah negara ke-4 terbesar didunia yang memproduksi kopi setelah Brazil, Vietnam, dan Colombia (Kahn, 2019). Hingga tahun 2017 perkebunan kopi di Indonesia didominasi oleh 81,87% kopi jenis robusta karena lebih mudah dikembangkan dari pada kopi Arabika (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2018). Kopi Robusta dan Arabika merupakan jenis kopi terbesar di Indonesia yang memenuhi pasar karena perkembangan variasi rasa yang ditawarkan kepada konsumen. Akhir-akhir ini, kopi luwak menjadi pesaing baru dari kedua jenis kopi tersebut dengan permintaannya

yang tinggi (Suhandono dkk., 2016). Permintaan kopi luwak datang dari negara-negara ASEAN, Timur Tengah, hingga Eropa sebesar 600 kg per bulan, sedangkan ketersediaan kopi luwak hanya sekitar 250-300 kg per bulan (Fauzi dan Hidayati, 2016). Selain itu, menurut Marcone, (2004) harga kopi luwak dipasar internasional mencapai 600 dolar (Kanada) per pon, sehingga tak terbantahkan bahwa kopi luwak sebagai kopi atau minuman paling langka dan termahal di dunia.

Kopi luwak adalah produk kopi yang dihasilkan dari fermentasi didalam pencernaan hewan Luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*).

Proses fermentasi biji kopi merupakan proses penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh Bakteri Asam Laktat (BAL) di alat pencernaan luwak (de Carvalho Neto dkk., 2018). Proses fermentasi biji kopi melibatkan gula, protein, asam amino dan senyawa fenolik sebagai prekursor aroma (Lee dkk., 2017). Rasa dan aroma adalah faktor penentu kualitas maupun tingkat penerimaan konsumen untuk produk kopi (Giacalone dkk., 2019). Rasa dan aroma kopi luwak digambarkan sebagai gabungan dari *earthy*, *musty*, *syrupey*, *smooth*, dan coklat (Jumhawan dkk., 2016). Rasa dan aroma dipengaruhi oleh zat volatil yang biasanya diklasifikasikan sebagai alkohol, ester, hidrokarbon, dan aldehida (Toci dan Farah, 2008). Identifikasi senyawa volatile secara lengkap menggunakan teknik kromatografi gas / spektrometri massa (GC / MS) karena sensitive terhadap ekstraksi kopi (Lee dkk., 2013). Metode identifikasi ini dilakukan oleh Kim dkk., (2019) yang menemukan senyawa *furfural*, *a-pinene*, dan *3-carene* pada green bean kopi luwak dari Indonesia, India dan Kenya.

Proses pengolahan kopi luwak terdiri dari pengupasan kulit buah kopi (*pulping*), fermentasi, pengupasan kulit ari (*hulling*), pengeringan, dan penyangraian. Saat ini, proses fermentasi kopi luwak masih bergantung pada fermentasi alami oleh hewan luwak. Hal ini menimbulkan masalah berkaitan dengan penyalahgunaan hewan yang mengarah pada *animal abuse*. Selain itu, penggunaan hewan luwak memiliki keterbatasan dalam hal produktivitas dan perkembangbiakannya (Muzaifa dkk., 2018), sehingga diperlukan alternatif lain dalam produksi kopi luwak. Salah satu alternatif untuk memproduksi kopi luwak yaitu melakukan fermentasi secara *in vitro* (diluar tubuh luwak). Fauzi & Hidayati (2016), telah melakukan fermentasi *in vitro* dengan menggunakan isolat BAL dari feses Luwak liar. Hasil fermentasi tersebut menghasilkan total asam 0,0267%, dengan kadar glukosa 9,02%, pH 5,65 dan kadar kafein 8,39%. Hadipernata dan Nugraha, (2018) telah melakukan pembuatan kopi luwak dengan metode fermentasi menggunakan bioreaktor dengan isolat bakteri yang berasal dari lambung luwak. Kopi luwak yang dihasilkan dari penelitian tersebut memiliki

kualitas yang sama dengan kopi luwak komersial.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya pada program PTUPT Dikti yang telah menghasilkan bakteri asam laktat (BAL) dari usus luwak. Maka, Tim Pengabdian Masyarakat dan mitra CV. Pradipta Paramita memproduksi kopi bioluwak dengan fermentasi *in vitro* menggunakan isolat Bakteri Asam Laktat (BAL). Fermentasi dilakukan pada berbagai variasi waktu dan selanjutnya produk kopi luwak diidentifikasi komponen *flavornya*. Hasil ujicoba pengabdian penerapan metode fermentasi ini diharapkan mampu menghasilkan kopi bioluwak yang memiliki kualitas sama dengan kopi luwak komersial. Sehingga, digunakan sebagai upaya untuk meningkatkan permintaan pasar.

METODE

Langkah-langkah pelaksanaan produksi kopi robusta menjadi kopi bioluwak robusta adalah 1). Perisapan kegiatan pembuatan kopi bioluwak oleh Tim Pengabdian Masyarakat bersama mitra CV Pradipta Paramita: penentuan cara isolasi bakteri, penentuan variasi waktu fermentasi, pemilihan jenis *roasting*, analisa komponen kimia dengan GC-MS, 2). Persiapan bahan baku: buah kopi merah robusta dari Banyuwang, Bakteri Asam Laktat (BAL) yang diisolasi dari usus hewan luwak dan kopi robusta tanpa fermentasi sebagai pembanding perubahan komponen kimia.

Kegiatan produksi yang dilakukan 1). Pemisahan kulit kopi robusta dengan biji kopi (*Pulping*), 2). Persiapan isolasi bakteri: sampel usus dimasukkan kedalam erlenmeyer berisi aquadest, lalu diaduk hingga homogen. Selanjutnya, suspensi kultur diencerkan, kemudian diaduk hingga homogen. Lalu, suspensi kultur dimasukkan ke dalam cawan petri steril, kemudian dituang agar De Man, Rogosa and Sharpe (MRS) agar. Isolasi bakteri dilakukan setelah agar memadat, plate diinkubasi pada selama 24 jam. Koloni mikroba yang tumbuh selanjutnya digoreskan kembali ke medium MRS dan diinkubasi selama 24 jam sampai diperoleh kultur murni, 3). Proses Fermentasi: biji kopi robusta setelah pulping difermentasi menggunakan Bakteri Asam Laktat (BAL) dari usus luwak. Fermentasi kopi robusta dilakukan selama 8-

48 jam. Setelah itu, dicuci dan dikeringkan hingga kadar air 10-12%. Kemudian, biji kopi bioluwak di *hulling* untuk memisahkan biji kopi dari kulit ari, 4). Penyangraian dan *Grinding*. 5). Analisa kandungan *Flavor*: bubuk kopi bioluwak (masing-masing 5 gram) di analisa komposisi kimia dengan menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS-QP 2010 Ultra, Shimadzu, Kyoto, Jepang). Gas pembawa yang digunakan dalam alat tersebut adalah helium. Jenis kolom Rtx-5MS dengan panjang 30 m dan diameter internal 0,22 mm. Kondisi alat GC-MS yang digunakan memiliki temperatur injektor 320 °C, tekanan 13.7 kPa, aliran total 40 mL/menit, aliran kolom 0,50 mL/menit, kecepatan linier 25,90 cm/detik, split ratio 73.0, temperatur kolom terprogram dari 70 °C (dipertahankan selama 5 menit) hingga 300 °C (dipertahankan selama 52 menit).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Fisik Kopi Bioluwak Fermentasi dengan BAL

Kondisi fisik biji kopi fermentasi dengan BAL yang diisolasi dari usus luwak memiliki kondisi yang berbeda dengan biji kopi tanpa fermentasi. Kondisi fisik biji kopi bioluwak dengan lama fermentasi berbeda disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Biji kopi Robusta sebelum fermentasi dan bioluwak setelah fermentasi pada waktu berbeda: b) 8 jam, c). 18 jam, d) 24 jam, e). 32 jam, f). 48 jam

Gambar 1a adalah biji kopi tanpa fermentasi dan gambar 1b, c, d, e, f adalah biji kopi bioluwak setelah fermentasi 8, 18, 24, 32, 48 jam. Gambar tersebut menunjukkan bahwa biji kopi berwarna agak kecoklatan setelah difermentasi. Hal ini karena reaksi pencoklatan secara enzimatis oleh enzim polifenol oksidase (Wilujeng dan Wikandari, 2013). Enzim tersebut menyebabkan

terjadinya reaksi oksidasi polifenol menghasilkan pigmen coklat (Massawe dan Lifa, 2010). Selain itu, Marcone, (2004) menyatakan bahwa fermentasi menggunakan Bakteri Asam Laktat mengandung zat asam dan enzim proteolitik yang mengakibatkan perubahan warna coklat sebagai ciri terbentuknya kopi luwak.

Selanjutnya biji kopi setelah *diroasting* disajikan pada gambar 2.

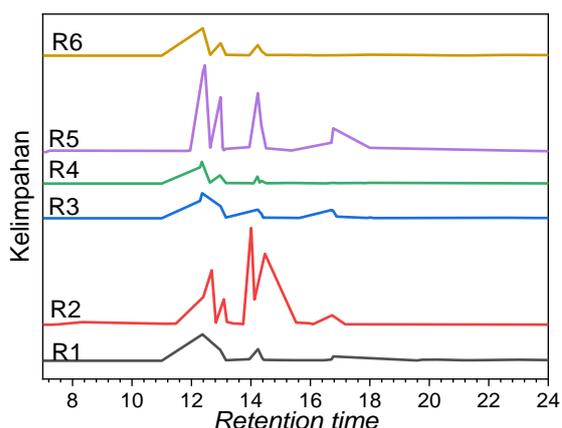


Gambar 2. Biji kopi bioluwak sebelum fermentasi dan setelah *roasting* a). Robusta Original, b) 8 jam, c). 18 jam, d) 24 jam, e). 32 jam, f). 48 jam

Gambar 2a adalah biji kopi tanpa fermentasi dan 2b, c, d, e, f adalah biji kopi bioluwak setelah fermentasi 8, 18, 24, 32, 48 jam. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kopi robusta tanpa fermentasi memiliki warna hitam lebih pekat dari pada kopi bioluwak setelah *diroasting*. Semakin lama waktu fermentasi warna kopi bioluwak menjadi coklat pucat (saddle brown) seperti kopi pada fermentasi 48 jam (2f). Hasil tersebut terjadi karena pemecahan komponen lendir pada kulit ari oleh enzim protopektinase dan poligalakturonase yang terdapat pada kopi selama proses fermentasi (Arruda dkk., 2012). Pereira dkk., (2019), juga mengatakan selama proses *roasting* terjadi pirolisis pada senyawa prekursor aroma membentuk melanoidin yang memberikan warna coklat.

B. Analisis Komponen *Flavor* Bubuk Kopi Bioluwak

Lama fermentasi mempengaruhi senyawa kimia yang menyusun biji kopi bioluwak. Seperti yang dinyatakan oleh Fauzi & Hidayati, (2016) bahwa senyawa kimia pada kopi tidak seragam disetiap lama waktu fermentasi. Hasil karakterisasi GC-MS komponen kimia pada kopi bioluwak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil GC-MS Kopi Bioluwak dengan sampel R1: kopi sebelum feremantsi, R2, 3, 4, 5, 6: kopi setelah fermentasi 8, 18, 24, 32, 48 jam

Gambar 3 memperlihatkan grafik hasil GC-MS kopi bioluwak dengan sampel R1 kopi sebelum fermentasi dan R2,3,4,5,6 kopi setelah fermentasi 8, 18, 24, 32, dan 48 jam. Beberapa senyawa *flavor* terlihat muncul dalam berbagai *retention time*. Asam palmitat muncul pada *R.time* 12.96, kafein pada *R.time* 12.29, asam linoleat pada *R.time* 13.95, dan senyawa alkohol pada *R.time* 17.48. Kemudian, dengan jumlah yang rendah senyawa hidrokarbon muncul pada *R.Time* 15.00-19.00, senyawa

benzena pada *R.time* 17.75 dan asam dokoheksanoat (DHA) pada *R.time* 16.78. Perubahan signifikan pada komposisi kimia setelah fermentasi yaitu terbentuknya asam linoleat dalam jumlah besar yang tidak ditemukan pada kopi tanpa fermentasi. Senyawa-senyawa tersebut penting dalam pembentukan aroma dan rasa kopi (Kim dkk., 2019). Senyawa yang muncul pada hasil GC-MS sama dengan percobaan Ifmalinda dkk., (2019) yang melakukan identifikasi senyawa kimia kopi luwak. Percobaan tersebut menyebutkan bahwa asam palmitat dan asam linoleat merupakan asam lemak yang menyebabkan kopi luwak memiliki rasa yang enak. Asam tersebut terbentuk karena Bakteri Asam Laktat (BAL) menghasilkan enzim (pectatelyase- pectolysis enzimatik) selama proses fermentasi (Avallone dkk., 2002). Selanjutnya, hasil GC-MS juga sama seperti penelitian Kim dkk., (2019) yang menyebutkan bahwa komponen utama kopi luwak yaitu kafein, asam palmitat, asam linoleat, senyawa hidrokarbon, dan alkohol dalam jumlah kecil. Komposisi senyawa kimia kopi bioluwak dengan variasi waktu fermentasi secara lengkap disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Komponen *Flavor* Kopi Bioluwak Robusta pada Berbagai Waktu Fermentasi

Waktu Fermentasi (Jam)	Asam Palmitat (%)	Asam laurat (%)	Asam Linoleat (%)	Asam dokoheksanoat (DHA) (%)	Kafein (%)	Alkohol (%)	Hidrokarbon (%)	Benzena (%)
0	12.67	21.18	-	2.29	51.31	4.21	4.9	2.25
8	15.16	1.58	68.67	2.88	9.70	0.7	1.22	0.09
18	16.55	1.40	16.82	9.67	51.94	0.61	1.75	1.22
24	15.59	0.93	16.64	3.13	59.38	1.51	1.91	0.91
32	14.33	0.51	20.06	2.70	57.87	1.50	1.59	0.57
48	16.43	0.37	17.86	1.15	60.91	1.77	1.56	-

Tabel 1 merupakan hasil identifikasi komponen *flavor* kopi robusta tanpa fermentasi dan produk akhir bubuk kopi bioluwak dengan waktu fermentasi yang berbeda. Komponen *flavor* kopi terdiri dari asam lemak seperti asam palmitat, asam laurat, asam linoleat, asam dokoheksanoat (DHA) dan kafein. Asam palmitat tertinggi yaitu 16.43% pada fermentasi 48 jam. Asam palmitat adalah trigliserida yang terdapat pada kulit ari biji kopi yang meningkat setelah fermentasi

(Muzaifa dkk., 2020). Berdasarkan penelitian Wei dan Tanokura, (2015), jumlah asam palmitat kopi luwak kisaran 14.5- 20%. Selanjutnya, kandungan asam laurat menurun setelah fermentasi menjadi 0.37% pada kopi bioluwak yang difermentasi selama 48 jam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin lama fermentasi jumlah asam laurat semakin menurun. Asam laurat dalam jumlah sedikit sedikit baik untuk tubuh, namun dalam jumlah tinggi menyebabkan penyempitan arteri

(Sudarma dkk., 2019). Asam laurat juga dianggap dapat meningkatkan aroma sama seperti jenis asam lemak lainnya (Berti dkk., 2020). Kemudian, berdasarkan tabel 1 asam linoleat terbentuk setelah fermentasi, dengan jumlah tertinggi yaitu 68.67% pada sampel bioluwak fermentasi 8 jam. Sama halnya pada penelitian Ifmalinda dkk., (2019), yang mengatakan jumlah asam linoleat pada kopi luwak berkisar 40-70%. Asam linoleat termasuk jenis trigliserida yang juga berperan penting untuk meningkatkan aroma kopi (Muzaifa dkk., 2020). Begitu juga dengan Asam dokoheksanoat (DHA) yang muncul dengan jumlah tertinggi 9.67% pada kopi bioluwak dengan fermentasi 18 jam. Asam-asam lemak yang terdapat pada kopi bioluwak adalah hasil dari proses pemecahan gula yang terdapat pada kopi selama proses fermentasi (Muzaifa dkk., 2020). Akumulasi jumlah asam lemak yang semakin meningkat setelah fermentasi menghasilkan aroma coklat pada kopi bioluwak.

Selanjutnya, pada tabel 1 jumlah kafein tertinggi yaitu 60.91% pada waktu fermentasi 48 jam. Hasil tersebut seperti penelitian Chan dan Garcia, (2011) yang menyebutkan konsentrasi kopi luwak robusta 47.58 mg/kg lebih tinggi dari pada kopi robusta original 41.77 mg/kg. Jumlah yang meningkat pada kopi bioluwak karena kerusakan membran sel vakuola pada biji kopi tempat kafein berada. Kerusakan tersebut merupakan konsekuensi proses fermentasi dengan menggunakan bakteri asam laktat dari luwak (Chan & Garcia, 2011). Kafein adalah jenis alkaloid yang merupakan unsur utama kopi (Gokulakrishnan dkk., 2005). Namun, pada fermentasi 8 jam jumlah kafein hanya 9.70%. Fenomena tersebut seperti perbobaaan Fauzi & Hidayati, (2016) menghasilkan kafein kopi luwak fermentasi sekitar 0,8-1,5% lebih rendah dibandingkan dengan kopi robusta tanpa fermentasi. Hal tersebut karena saat fermentasi, kafein diuraikan menjadi *uric acid*, *7-methylxanthine*, dan *xanthine* oleh bakteri fermentasi. Sehingga, pada fermentasi 8 jam kemungkinan kafein mengalami penguraian secara enzimatik karena Bakteri asam laktat. Meskipun demikian, jumlah kafein tidak sama sekali mempengaruhi aroma kopi, namun hanya memberikan rasa pahit pada kopi.

Lalu pada tabel 1 komponen kopi selanjutnya yaitu hidrokarbon. Hidrokarbon merupakan komponen penting dalam

pembentukan aroma bahan pangan (de Carvalho Neto dkk., 2018). Jumlah senyawa hidrokarbon kopi bioluwak lebih rendah dari pada kopi robusta tanpa fermentasi. Nilai terendah senyawa hidrokarbon pada kopi bioluwak yang difermentasi 8 jam yaitu 1.22%. sama seperti penelitian Bressani dkk., (2020), yang menyebutkan bahwa setelah fermentasi kelompok hidrokarbon berkurang yang diikuti dengan terbentuknya senyawa asam lemak. Kelompok hidrokarbon yang terbentuk yaitu aldehid, eter, ester, dan keton yang selalu terbentuk dalam jumlah sedikit setelah fermentasi (Poisson dkk., 2018). Senyawa hidrokarbon berkontribusi memberikan aroma pada kopi bioluwak seperti *green* dan *rose-like flavor*, *oxazol*, beraroma *sweet hazelnut*.

Jumlah alkohol kopi bioluwak pada tabel 1 lebih rendah dari pada kopi robusta tanpa fermentasi (4.21%). Penurunan jumlah alkohol karena terjadi sintesis asam amino selama fermentasi menghasilkan senyawa hidrokarbon dan asam lemak pada kopi (Lee dkk, 2015). Selama proses fermentasi jumlah senyawa alkohol tertinggi 1.77% pada kopi bioluwak yang difermentasi selama 48 jam. Alkohol merupakan salah satu kelompok senyawa utama yang mempengaruhi pembentukan aroma (Bressani dkk., 2020). Menurut Fauzi & Hidayati, (2016) komponen alkohol umumnya menghasilkan aroma *sweet fruity*, *alcoholic*, *balsamic*, dan *green* tergantung susunan molekulnya.

Pada tabel 1 jumlah senyawa benzena kopi bioluwak lebih rendah dari pada kopi tanpa fermentasi. Senyawa benzena hilang pada kopi bioluwak yang difermentasi selama 48 jam. Menurut Kim dkk., (2019), benzena termasuk komponen minor pembentukan aroma. Sehingga, jenis komponen senyawa benzena selalu rendah pada kopi bioluwak. Senyawa benzena merupakan senyawa golongan aromatik sehingga menghasilkan bau sedap (Fauzi dan Hidayati, 2016) seperti aroma almond dan rasa pahit.

SIMPULAN DAN SARAN

Kopi bioluwak mengalami perubahan warna menjadi coklat setelah fermentasi sebagai indikasi terbentuknya kopi luwak. Selanjutnya, berdasarkan hasil GC-MS komponen *flavor* kopi bioluwak terdiri dari asam lemak seperti asam palmitat, asam laurat, asam linoleat, asam dokoheksanoat

(DHA) dan kafein. Lalu, beberapa senyawa alkohol, hidrokarbon, dan benzena dalam jumlah yang rendah. Kemudian, proses fermentasi kopi bioluwak selama 48 jam menghasilkan jumlah tertinggi asam palmitat 16.43%, kafein 60.91%, dan alkohol 1.77%. Kemudian pada fermentasi 8 jam menghasilkan asam linoleat tertinggi 68.67%. Dari studi ini proses fermentasi memberikan pengaruh signifikan pada pembentukan asam linoleat yang dapat memberikan aroma coklat pada kopi dan mengurangi rasa pahit.

ACKNOWLEDGMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan penelitian yang diterima dari Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi (Kemristek Dikti) pada program PTUPT dikti yang membiayai pelaksanaan pengabdian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Arruda, N. P., Hovell, A. M. C., Rezende, C. M., Freitas, S. P., Couri, S., & Bizzo, H. R. (2012). Correlação entre precursores e voláteis em café arábica brasileiro processado pelas vias seca, semiúmida e úmida e discriminação através da análise por componentes principais. *Quimica Nova*, 35(10), 2044–2051. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012001000026>
- Avallone, S., Brillouet, J. M., Guyot, B., Olguin, E., & Guiraud, J. P. (2002). Involvement of pectolytic microorganisms in coffee fermentation. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(2), 191–198. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00556.x>
- Berti, F., Navarini, L., Guercia, E., Oreški, A., Gasparini, A., Scoltock, J., & Forzato, C. (2020). Interaction of the coffee diterpenes cafestol and 16-o-methyl-cafestol palmitates with serum albumins. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(5). <https://doi.org/10.3390/ijms21051823>
- Bressani, A. P. P., Martinez, S. J., Sarmiento, A. B. I., Borém, F. M., & Schwan, R. F. (2020). Organic acids produced during fermentation and sensory perception in specialty coffee using yeast starter culture. *Food Research International*, 128, 108773. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108773>
- Chan, S., & Garcia, E. (2011). Comparative physicochemical analyses of regular and civet coffee. *The Manila Journal of Science*, 7(1), 19–23.
- de Carvalho Neto, D. P., de Melo Pereira, G. V., Finco, A. M. O., Letti, L. A. J., da Silva, B. J. G., Vandenberghe, L. P. S., & Soccol, C. R. (2018). Efficient coffee beans mucilage layer removal using lactic acid fermentation in a stirred-tank bioreactor: Kinetic, metabolic and sensorial studies. *Food Bioscience*, 26, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.10.005>
- Fauzi, M. N., & Hidayati, W. (2016). Perubahan karakteristik kimia kopi luwak robusta in vitro dengan variasi lama fermentasi dan dosis ragi. *Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 80–84.
- Giacalone, D., Degn, T. K., Yang, N., Liu, C., Fisk, I., & Münchow, M. (2019). Common roasting defects in coffee: Aroma composition, sensory characterization and consumer perception. *Food Quality and Preference*, 71(July 2017), 463–474. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.03.009>
- Gokulakrishnan, S., Chandraraj, K., & Gummadi, S. N. (2005). Microbial and enzymatic methods for the removal of caffeine. *Enzyme and Microbial Technology*, 37(2), 225–232. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.03.004>
- Hadipernata, M., & Nugraha, S. (2018). Process technology of luwak coffee through bioreactor utilization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 102(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012092>
- Ifmalinda, I., Setiasih, I. S., Muhaemin, M., & Nurjanah, S. (2019). Chemical

- Characteristics Comparison of Palm Civet Coffee (Kopi Luwak) and Arabica Coffee Beans. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 3(2), 280–288.
<https://doi.org/10.32530/jaast.v3i2.110>
- Jumhawan, U., Putri, S. P., Yusianto, Bamba, T., & Fukusaki, E. (2016). Quantification of coffee blends for authentication of Asian palm civet coffee (Kopi Luwak) via metabolomics: A proof of concept. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 122(1), 79–84.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.12.008>
- Kahn, L. H. (2019). Quantitative framework for coffee leaf rust (hemileia vastatrix), production and futures. *International Journal of Agricultural Extension*, 7(1), 77–87.
<https://doi.org/10.33687/ijae.007.01.2744>
- Kim, S. J., Lee, S., Bang, E., Lee, S., Rhee, J. K., & Na, Y. C. (2019). Comparative evaluation of flavor compounds in fermented green and roasted coffee beans by solid phase microextraction-gas chromatography/mass spectrometry. *Flavour and Fragrance Journal*, 34(5), 365–376. <https://doi.org/10.1002/ffj.3517>
- Lee, C., Lee, Y., Lee, J. G., & Buglass, A. J. (2013). Development of a simultaneous multiple solid-phase microextraction-single shot-gas chromatography/mass spectrometry method and application to aroma profile analysis of commercial coffee. *Journal of Chromatography A*, 1295, 24–41.
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.04.056>
- Lee, L. W., Cheong, M. W., Curran, P., Yu, B., & Liu, S. Q. (2015). Coffee fermentation and flavor - An intricate and delicate relationship. *Food Chemistry*, 185, 182–191.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>
- Lee, L. W., Tay, G. Y., Cheong, M. W., Curran, P., Yu, B., & Liu, S. Q. (2017). Modulation of the volatile and non-volatile profiles of coffee fermented with *Yarrowia lipolytica*: II. Roasted coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 80, 32–42.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.070>
- Marcone, M. F. (2004). Composition and properties of Indonesian palm civet coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee. *Food Research International*, 37(9), 901–912.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.05.008>
- Massawe, G. A., & Lifa, S. J. (2010). Yeasts and lactic acid bacteria coffee fermentation starter cultures. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 2(1), 41–82.
<https://doi.org/10.1504/IJPTI.2010.038187>
- Muzaifa, M., Hasni, D., Febriani, Patria, A., & Abubakar, A. (2020). Chemical composition of green and roasted coffee bean of Gayo arabica civet coffee (kopi luwak). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 425(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/425/1/012001>
- Muzaifa, Murna, Hasni, D., Patria, A., Febriani, & Abubakar, A. (2018). Sensory and microbial characteristics of Civet coffee. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(1), 165–171.
<https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.1.3092>
- Pereira, L. L., Moreli, A. P., Moreira, T. R., Caten, C. S. Ten, Marcate, J. P. P., Debona, D. G., & Guarçoni, R. C. (2019). Improvement of the Quality of Brazilian Conilon through Wet Processing: A Sensorial Perspective. *Agricultural Sciences*, 10(03), 395–411.
<https://doi.org/10.4236/as.2019.103032>
- Poisson, L., Auzanneau, N., Mestdagh, F., Blank, I., & Davidek, T. (2018). New Insight into the Role of Sucrose in the Generation of α -Diketones upon Coffee Roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(10), 2422–2431.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04849>
- Sudarma, I. W., Arsana, I. G. K. D., &

- Kariada, K. (2019). Test the quality of robusta coffee probiotic snail through different time fermentation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 399(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/399/1/012132>
- Suhandono, S., Setiadi, H., Kristianti, T., Budhi Kusuma, A., Warih Wedaringtyas, A., Tristan Djajadi, D., & Pugeg Aryantha, I. N. (2016). Diversity of Culturable Bacterial in Various Parts of Luwak's (*Paradoxurus hermaprodithus javanica*) Gastrointestinal Tract. *Microbiology Indonesia*, 10(2), 65–70. <https://doi.org/10.5454/mi.10.2.4>
- Toci, A. T., & Farah, A. (2008). Volatile compounds as potential defective coffee beans' markers. *Food Chemistry*, 108(3), 1133–1141. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.064>
- Wei, F., & Tanokura, M. (2015). Chemical Changes in the Components of Coffee Beans during Roasting. In *Coffee in Health and Disease Prevention*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00010-3>
- Wilujeng, A. A. T., & Wikandari, P. R. (2013). Pengaruh lama fermentasi kopi arabika (*coffea arabica*) dengan bakteri asam laktat *lactobacillus plantarum* b1765 terhadap mutu produk. *UNESA Journal of Chemistry*, 2(3), 1–10.