

Potensi Pemanfaatan Limbah Kulit Ari Kopi (*Coffee Husk*) dalam perikanan (*Review*)

Potential Utilization of Coffee Husk Waste in fisheries (Review)

Wastu Ayu Diamahesa^{1*} dan Nuri Muahiddah¹

¹Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Jalan Pendidikan No 37

*Korespondensi email: wastuayu@unram.ac.id

ABSTRAK

Permintaan akan kopi dunia meningkat dari tahun ke tahun sehingga limbah yang akan dihasilkan juga akan besar seperti sekam kopi. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk memanfaatkan sekam kopi. Telah ada upaya untuk pemanfaatan sekam kopi dalam bidang biogas, pupuk, bioetanol, biofuel, enzim, dan senyawa bioaktif. Namun demikian, hanya dua orang peneliti yang telah melakukan penelitian mengenai pemanfaatan sekam kopi dalam bidang perikanan khususnya pada ikan Nila sebagai bahan baku alternatif dan bahan pengawet daging ikan nila. Review ini bertujuan untuk menjelaskan potensi pemanfaatan sekam kopi dalam bidang perikanan khususnya budidaya dan pengolahan ikan.

Kata Kunci: sekam kopi, pakan ikan, limbah kopi, fermentasi

ABSTRACT

The global demand for coffee is increasing each year, and as a result, the number of debris that will be generated will also be as large as coffee husks. Therefore, efforts must be made to employ coffee husks. In the disciplines of biogas, fertilizers, bioethanol, biofuels, enzymes, and bioactive compounds, efforts have been made to utilize coffee husks. However, only two researchers have investigated the use of coffee husks as an alternative raw material and preservative for tilapia flesh in the fisheries industry. This article explains the prospective use of coffee husks in the fisheries sector, particularly in fish farming and processing.

Keywords: coffee husk, fish feed, coffee waste, fermentation

PENDAHULUAN

Permintaan dunia kopi terus meningkat dari tahun ke tahun (Daglia et al., 2000; dan Lachenmeir., 2020). Seiring dengan peningkatan tersebut membuat produksi limbah kopi juga meningkat salah satunya adalah sekam kopi. Sekam kopi (limbah

kulit ari kopi) merupakan produk sampingan utama dari metode kering dan dibentuk oleh semua lapisan sekaligus, termasuk kulit kering, pulp, lendir, dan perkamen (Esquivel dan Jiméñez, 2012). Jika hal tersebut dibiarkan saja, maka akan mengganggu lingkungan hidup.

Pemanfaatan sekam kopi sudah untuk produksi biogas (Corro et al., 2012). Selain itu, produk sampingan ini juga digunakan untuk budidaya jamur, dimana 73% substrat digunakan dan sisanya dapat digunakan sebagai pupuk (Martínez-Carrera et al., 2000 dan Velázquez-Cedeño et al., 2022). *Coffee husk* juga berguna untuk produksi bioetanol, biofuel, enzim, dan senyawa bioaktif (Janissen et al., 2018).

Pada artikel review sebelumnya, kami telah mengulas pemanfaatan limbah kopi seperti ampas kopi dan kulit kopi (Diamahesa dan Muahiddah, 2022^{a,b,c}). Penelitian untuk memanfaatkan sekam kopi (*Coffee husk*) dalam bidang perikanan hanya baru dilakukan oleh Workagen et al. (2014) dan Adebowale et al. (2021). Oleh karena itu, untuk melihat lebih jauh lagi potensi dari sekam kopi (*coffee husk*) dalam bidang perikanan, kami melakukan studi literatur (literatur review) mengenai komposisi kimia, potensi peningkatan nilai tambah dengan fermentasi, dan aplikasi dalam perikanan. Diharapkan dari studi literatur ini, dapat bermanfaat bagi penulis khususnya untuk melakukan penelitian lainnya terkait limbah kopi dan pada umumnya pembaca atau peneliti lainnya.

PEMBAHASAN

1. Komposisi kimia sekam kopi (*Coffee husk*)

Sekam kopi (limbah kulit ari kopi) merupakan produk sampingan utama dari metode kering dan dibentuk oleh semua lapisan sekaligus, termasuk kulit kering, pulp, lendir, dan perkamen (Esquivel dan Jiméñez, 2012). Ketika buah ceri kopi dikeringkan, sekitar 12–18% dari berat buah kering adalah sekam kopi (Monaco et al, 1977). Secara umum, jumlah komponen dan indeks sekam kopi bervariasi sesuai dengan spesies kopi, asal geografis ceri, dan metode pengolahan yang dipilih. Navya dan Pushpa, (2013) menjelaskan perbedaan komposisi sekam kopi dan dilaporkan oleh banyak penulis (Bekalo dan Reinhardt, 2010; Murthy et al., 2012; Gouvea et al., 2009; Alves et al., 2017; Oliviera et al., 2014). Pada Tabel 1 kami merangkum komposisi kimia sekam kopi.

Tabel 1. Komposisi kimia sekam kopi (*Coffee husk*)

	Nilai	Referensi
Komponen Organik (g kg ⁻¹)		
Karbohidrat	580-850	Gouvea et al (2009); Oliviera et al. (2014); Alves et (2017)
Selulosa	430	Murthly et al. (2012); Gouvea et al (2009)
Hemiselulosa	70	Murthly et al. (2012); Gouvea et al (2009)
Lipid	5-30	Gouvea et al (2009); Oliviera et al. (2014); Alves et (2017)
Total serat kasar	240	Murthly et al. (2012)
Abu	25-62	Alves et al., (2017); Mhilu (2014)
Protein	80-110	Gouvea et al (2009); Oliviera et al. (2014); Alves et (2017)
Kafein	10	Murthly et al. (2012); Oliviera et al. (2014); Alves et (2017)

Tanin	50	Murthly et al. (2012); Oliviera et al. (2014); Alves et (2017)
Asam Klorogenat	25	Murthly et al. (2012)
Zat pektik	16	Murthly et al. (2012)
Lignin	90	Murthly et al. (2012)
Kandungan gula (g kg ⁻¹)		
Gula pereduksi	120	Adams et al. (1987)
Total gula	140	Adams et al. (1987)
Sukrosa	20	Adams et al. (1987)

Sumber: Hoseini et al (2021)

Kandungan karbohidrat yang tinggi diharapkan, mengingat asal residu padat tersebut, yaitu daging buah dan kulit luarnya. Beberapa penulis juga merujuk pada jenis sekam kopi tertentu yang dikenal sebagai sekam kopi lengket (Gouvea et al., 2008; Vilela et al., 2001; Oliveira et al., 2002; Carvalho, 2008; Parra et al., 2008). Beberapa atribut yang membedakan jenis sekam kopi ini dari yang biasa antara lain kepadatan yang lebih tinggi, kandungan protein dan kandungan serat yang lebih rendah. Namun, perbedaan utamanya bergantung pada kandungan gulanya (lihat Tabel 1), yang mendorong studi penelitian terkait dengan aplikasi khusus seperti pakan ternak dan studi fermentasi.

Sekam dan ampas kopi terdiri dari kulit luar dan sisa ampas yang menempel, dan residu padat ini diperoleh setelah pengupasan ceri kopi selama pemrosesan kering atau basah. Kadar air akan bervariasi tergantung pada jenis pemrosesan. Sekam kopi olahan kering menyajikan kadar air berkisar antara 7 sampai 18%, dengan kisaran yang begitu luas dikaitkan dengan variasi dalam pengolahan dan kondisi penyimpanan (Oliveira et al., 2001; Vilela et al., 2001; Souza et al., 2001, 2003, 2005; Rocha et al., 2005). Sekam kopi olahan basah (bubur kopi) mengandung kadar air sekitar 75%, dan biasanya dibiarkan kering hingga kadar air sekitar 13% (Adams dan Dougan, 1987; Barcelos et al., 2001). Pada Tabel 2, kami merangkum komposisi fisikokimia sekam kopi.

Tabel 2 Komposisi fisikokimia sekam kopi (coffee husk)

	Nilai
Rasio C/N	29,8-40
Bahan organik (g kg ⁻¹)	815
Karbon organik (g kg ⁻¹)	545
EC (dS m ⁻¹)	2,24-3,1
pH (1:10)	5,35-6,63

Sumber: Shemekite et al. (2014); Kassa dan Workayehu (2014)

Meskipun sekam dan ampas kopi kaya akan sifat organik dan nutrisi, mereka juga mengandung senyawa seperti kafein, tanin, dan polifenol (lihat Tabel 1). Karena adanya senyawa terakhir, residu padat organik ini memiliki sifat beracun, yang tidak hanya menambah masalah pencemaran lingkungan, tetapi juga membatasi penggunaannya sebagai pakan ternak (Pandey et al., 2000a). Kafein adalah senyawa aktif, menjadi salah satu stimulan alami yang paling kuat. Ini adalah zat utama yang dikaitkan dengan efek stimulasi kopi. Hal ini juga hadir dalam sekam kopi sekitar 1,3% konsentrasi pada basis berat kering (Pandey et al., 2000b). Tanin umumnya dianggap sebagai faktor anti-gizi dan untuk mencegah penggunaan sekam kopi pada persentase lebih dari 10% dalam pakan ternak. Senyawa tersebut ditemukan dalam sekam kopi, pada tingkat perkiraan 1 dan 2,3% untuk spesies Arabika dan Robusta, masing-masing (Clifford dan Ramirez-Martinez, 1991). Menurut Teixeira (1992), tanin akan bereaksi dengan protein dalam sistem

pencernaan ruminansia, sehingga mempengaruhi kemampuan mencerna selulosa, protein dan bahan kering.

Barcelos et al. (2001) mengevaluasi kadar kafein, tanin, lignin dan silika dalam sekam kopi olahan kering dan basah, untuk kopi Arabika Brasil, var. Catuaí, Rubi, dan Mundo Novo. Sekam kopi olahan basah dijemur di bawah sinar matahari sampai kadar air 13%. Setelah satu tahun penyimpanan, terjadi peningkatan kadar kafein sebesar 12%, penurunan kadar tanin sebesar 39% dan sedikit penurunan kadar lignin. Sekam olahan kering menunjukkan tingkat silika yang lebih tinggi dibandingkan dengan olahan basah, yang dikaitkan dengan adanya perkamen. Disimpulkan bahwa penyimpanan 12 bulan meningkatkan kualitas sekam kopi. Namun, peningkatan kadar kafein dianggap sebagai faktor pembatas dalam penggunaan residu ini untuk pakan ternak. Penjelasan rinci tentang penggunaan khusus yang telah dan sedang dievaluasi disajikan sebagai berikut.

Sekam kopi kaya akan unsur hara makro dan mikro, dengan jumlah N yang cukup banyak (1720–1830 mg kg⁻¹), P (80 mg kg⁻¹), K (20 600 mg kg⁻¹), dan lain-lain (Tabel 3). Sekam kopi juga cukup positif, mengandung sejumlah kecil Na.

Tabel 3. Kandungan unsur sekam kopi (coffee husk)

	Nilai
Na	40
Se	0,19
S	1100
B	91,4
Zn	10
Mn	60
Cu	20
Fe	260
Mg	790
Ca	2210
K	20.600
P	80
N	1720-1830
Total kandungan bahan anorganik	5000-30.000

Sumber: Shemekite et al. (2014) dan Da Silva et al. (2012)

Sekam kopi mengandung kadar protein berkisar antara 8 sampai 11% berdasarkan bahan kering (Didanna, 2014) dengan kandungan asam amino yang relatif tinggi seperti asam glutamat (7,7% dari total kandungan protein) dan asam aspartat (7,1%) (Didanna, 2014). Asam glutamat bertanggung jawab untuk pengangkutan glutamin dan asam amino lainnya melalui darah, dan kehadirannya mengurangi kebutuhan untuk mengonsumsi gula dan minuman beralkohol. Asam aspartat terlibat dalam metabolisme DNA dan RNA, tetapi juga dalam melindungi hati dan meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Jadi, produk sampingan industri kopi merupakan sumber asam amino yang dapat dievaluasi sebagai diet fitokimia yang berguna bagi manusia. Suplemen diet dan/atau fortifikasi makanan berdasarkan produksi produk sampingan kopi juga dapat dilakukan (Akram et al., 2011) dan No Title, 2017).

2. Nilai tambah sekam kopi (Coffee husk) dengan fermentasi

Dalam metode pemrosesan kering dan basah, pulp kopi (Coffee Pulp) dan sekam (Coffee Husk) menyumbang proporsi tinggi dari keseluruhan biomassa ceri kopi pada

berat kering (DW), masing-masing mencapai sekitar 0,5 dan 0,2 metrik ton per metrik ton kopi segar (Arya et al., 2022). Selain karbohidrat, mineral, dan protein, CP dan CH mengandung kafein, asam klorogenat, dan tanin tingkat tinggi, yang membatasi penggunaannya sebagai pakan ternak atau sebagai pupuk karena efek negatif dari senyawa ini terhadap kesehatan hewan dan perkecambahan biji serta pertumbuhan tanaman. Namun, biomassa CP dan CH telah lama digunakan untuk produksi biogas (Corro et al., 2012). Selain itu, produk sampingan ini juga digunakan untuk budidaya jamur, dimana 73% substrat digunakan dan sisanya dapat digunakan sebagai pupuk (Martínez-Carrera et al., 2000 dan Velázquez-Cedeño et al., 2022). CP dan CH juga berguna untuk produksi bioetanol, biofuel, enzim, dan senyawa bioaktif (Janissen et al., 2018).

Untuk produksi enzim, sebuah penelitian mencapai tingkat aktivitas xilanase maksimum 9,475 U/g melalui fermentasi keadaan padat (SSF) sekam kopi sebagai satu-satunya sumber karbon menggunakan *Penicillium* sp. (Murthy et al., 2012). Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa SSF CP setelah pretreatment alkali menggunakan *Acinetobacter* sp. menghasilkan 888 U/mL selulase setelah 60 jam inkubasi (Selvam et al., 2014). β -Glucosidase adalah enzim penting lainnya yang diperlukan untuk degradasi lignoselulosa. Sebuah studi sebelumnya melaporkan bahwa enzim ini diproduksi oleh *Bacillus subtilis* CCMA 0087 menggunakan Coffee pulp sebagai substrat, dengan hasil enzim maksimum 22,59 UI/mL setelah 24 jam (Dias et al., 2015). Selain itu, bioetanol merupakan produk sampingan utama yang diperoleh dari CP dan CH. Sebelum sakarifikasi dan fermentasi, CP dan CH biasanya diolah terlebih dahulu dengan alkali atau asam encer. Beberapa penelitian telah melaporkan hasil yang menggembirakan, seperti hasil etanol sekitar 70 g/L setelah 24 jam fermentasi campuran hidrolisat molase tebu dan CP (Menezes et al., 2013), serta 13,66 g/L etanol dari CP pra-perlakuan basa saja (Menezes et al., 2014). Metode sebelum perlakuan tertentu yang dikenal sebagai *popping pretreatment* dapat meningkatkan sakarifikasi biomassa pertanian individu atau beberapa campuran (termasuk CH, sabut kelapa, dan batang singkong). Biomassa yang diolah sebelumnya menggunakan metode ini telah dilaporkan menghasilkan bioetanol hingga 55,2 g DW per 300 g DW biomassa campuran, yang sesuai dengan tingkat konversi 77,3% (Nguyen et al., 2017). Dari perspektif ekonomi, penilaian tekno-ekonomi menunjukkan bahwa nilai bersih dari produksi bioetanol yang berasal dari CP membenarkan penggunaannya sebagai sumber energi yang layak secara ekonomi, selain mengimbangi emisi CO₂ untuk beradaptasi dengan kebutuhan lingkungan (Gurram et al., 2016).

Asam klorogenat dan caffeic tingkat tinggi pada coffee husk. Dengan menggunakan metode ekstraksi enzimatik yang murah, asam klorogenat adalah produk utama (36,1%) dari SSF dengan *Aspergillus tamarii*, *Rhizomucor pusillus*, dan *Trametes* sp., diikuti oleh asam caffeic (33%) (Torres-Mancera et al., 2011^a). Selain itu, dalam penelitian sebelumnya, ekstraksi enzimatik dari 1 kg CP menghasilkan total 5,4 g asam ferulic, caffeic, p-coumaric, dan chlorogenic (Torres-Mancera et al., 2011^b). Eksperimen in vitro telah menunjukkan sifat antioksidan, antibakteri, dan anti-inflamasi dari CP, yang dikaitkan dengan kandungan asam klorogenat dan caffeic (Duangjai et al., 2016 dan Magoni et al., 2018). Hasil asam laktat 55,5-67,6 kg DW per 1000 kg DW CPs juga telah dicapai melalui fermentasi dengan koagulan *Bacillus* pada skala pilot (Pleissner et al., 2016). Beberapa produk turunan CH seperti bubuk karbon aktif dan suplemen serat makanan juga telah menarik banyak perhatian (Ahmad et al., 2011; Bekalo et al., 2010; Gonçalves et al., 2013). Menariknya, karena kandungan fenolik yang kaya, CF dapat digunakan untuk memproduksi minuman

casara (Heeger et al., 2017), yang telah banyak dikomersialkan di pasar minuman kopi. Selain itu, CH digunakan dalam produksi bio-pestisida melalui fermentasi dengan *Bacillus sphaericus* dan *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* untuk mengendalikan nyamuk penular penyakit (Abidha et al., 2011).

3. Aplikasi pemanfaatan *Coffee husk* dalam Perikanan

Dari hasil penelusuran kami, belum banyak penelitian yang dilakukan dalam hal pemanfaatan *coffee husk* dalam perikanan. Hanya terdapat dua penelitian yang memanfaatkan limbah tersebut. Penelitian yang pertama dilakukan oleh Workagen et al. (2014) dan yang kedua yaitu Adebowale et al. (2021). Ringkasan kedua hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Aplikasi pemanfaatan coffee husk dalam perikanan

Jenis Ikan	Metode	Hasil	Referensi
Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Pemberian 40% dalam pakan (sorgum, sekam kopi, dedak gandum, lumpur bir)	Menghambat pertumbuhan ikan	Workagen et al., 2014
Ikan Nila (<i>Saroterodon galilea</i>)	Pemberian pada ikan asap (0, 1, 2, 3, 4%)	Mencegah ketengikan ikan asap (aktivitas antioksidan tertinggi pada perlakuan 4%)	Adebowale et 2021

Penelitian yang dilakukan oleh Workagen et al. (2014) dirancang untuk menyelidiki kinerja pertumbuhan dan efisiensi penggunaan pakan ikan nila juvenil, *Oreochromis niloticus* L. yang diberi makan berbagai jenis pakan yang diformulasikan dari varietas bahan pakan. Untuk tujuan ini, enam diet eksperimental disiapkan. Keenam pakan percobaan menggunakan kedelai, tepung tulang dan kacang tanah sebagai bahan pakan dasar yang mencapai 60% dari total jumlah bahan. Sisa 40% dari setiap diet adalah 1 Maiz :1 Sorgum untuk pakan kontrol atau pakan "A", sekam/bubur kopi untuk pakan "B", dedak gandum untuk pakan "C", lumpur bir untuk pakan "D", potongan kentang untuk pakan "E". Ikan nila yang digunakan adalah sebanyak 180 ekor pada 18 akuarium (80 cm×30 cm×35 cm) dengan bobot rata-rata 3,27 g. Pakan diberikan sebanyak 10% dari bobot tubuhnya selama 10 minggu. Hasil yang didapatkan bahwa ada perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$) pada kinerja pertumbuhan dan efisiensi pemanfaatan pakan dari ikan yang diberi makan berbagai jenis pakan percobaan. Kinerja pertumbuhan terlihat baik pada semua pakan perlakuan kecuali pakan dengan label "B". Menurut mereka, kinerja pertumbuhan yang lebih rendah dan efisiensi pemanfaatan pakan yang diamati pada ikan yang diberi pakan "B" mungkin disebabkan oleh kadar serat pakan yang tinggi bersamaan dengan adanya faktor anti nutrisi yang relatif lebih tinggi dalam pakan sekam kopi. Namun, semua ikan memiliki tingkat kelangsungan hidup yang sama. Sebagai kesimpulan, kecuali pakan "B" semua ransum yang diuji adalah pakan ikan potensial. Namun, studi lebih lanjut harus dilakukan untuk mengevaluasi potensi diet tersebut pada tahap selanjutnya dari ikan dalam sistem budidaya yang berbeda. Menurut hasil penelusuran literatur yang kami lakukan di sub bab sebelumnya, bahan baku tersebut masih memiliki potensi untuk ditingkatkan kualitas nutrisinya dengan perlakuan biologis atau enzimatis. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lain untuk meningkatkan kualitas bahan baku tersebut dengan perlakuan enzimatis.

Berbeda dengan Workagen et al. (2014), Adebowale et al. (2021) menggunakan sekam kopi sebagai bahan antioksidan dan antijamur untuk mencegah pembusukan daging asap ikan nila (*Saroterodon galilea*) yang disimpan selama 4 minggu pada suhu sekitar 28°C. Lima rendaman fillet ikan asin yang telah dikeluarkan isi perutnya masing-masing dilapisi dengan pasta sekam kopi 0%(A), 1,0%(B), 2,0%(C), 3,0%(D), dan 4,0%(E) dan diasap dalam oven. Fillet yang telah didinginkan kemudian diperiksa dan dianalisis secara periodik setelah setiap minggu penyimpanan. Terdapat penurunan bertahap nilai dua indikator antioksidan: asam thiobabaturic (TBA) dan angka peroksida (PV) seiring dengan peningkatan kadar pasta kopi. Hasil menunjukkan bahwa ketengikan jaringan ikan telah dihambat oleh pasta kulit kopi yang disalut. Aktivitas antioksidan pasta kopi dalam urutan ini: B<C<D<E. Peningkatan yang lebih tinggi dan stabil dalam tingkat ketengikan fillet dibandingkan semua perlakuan lainnya terlihat pada kontrol (0%) seiring bertambahnya hari penyimpanan. Hal ini ditunjukkan dengan nilai TBA. Pada akhir minggu keempat didapatkan nilai TBA terendah (0,41) pada perlakuan E (5%). Meskipun ini lebih tinggi dari nilai yang diperoleh setelah minggu kedua. Tren serupa juga diamati untuk nilai peroksida dari perlakuan yang sama. Ini mungkin karena sedikit peningkatan kadar air sampel pada tahap penyimpanan. Jumlah koloni pertumbuhan jamur pada fillet ikan paling rendah ($4,10 \times 10^4$) pada perlakuan E dibandingkan A (0%) dan konsentrasi lain yang lebih rendah pada hari ke-21. Pada akhir penelitian, pertumbuhan jamur paling sedikit ($6,02 \times 10^4$) pada perlakuan E, sehingga menunjukkan aktivitas antijamur pasta kulit kopi tertinggi pada fillet ikan. Namun, hasil evaluasi sensorik menunjukkan preferensi yang paling rendah untuk perlakuan E. Hal ini disebabkan oleh penampilan yang buruk (2,46) dan rasa (3,18), meskipun nilai terendah (3,14) tercatat untuk tingkat ketengikan. Dengan demikian, pasta kulit kopi menunjukkan aksi antioksidan dan antijamur pada ikan asap dan dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan ikan asap. Oleh karena itu, dapat diduga bahwa bahan baku tersebut juga dapat dimanfaatkan dalam bahan baku pakan ikan.

KESIMPULAN

Sekam kopi berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif dalam budidaya ikan dengan perlakuan tambahan berupa fermentasi (enzimatis). Selain itu, pada pengolahan ikan dapat digunakan sebagai bahan untuk mencegah terbentuknya jamur karena mengandung zat antioksidan dan antijamur sehingga dapat memperpanjang umur simpan ikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Mataram atas dukungannya dalam kemudahan mengakses artikel dalam website *Proquest*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidha, S.; Poopathi, S. (2011) Coffee husk waste for fermentation production of mosquitocidal bacteria. *J. Econ. Entomol.* 104, 1816–1823. [Google Scholar]
- Adams, M.R. and Dougan, J. (1987) Waste Products. In: R.J. Clarke and R. Macrae, (Eds.), *Coffee Technology*, New York: Elsevier Applied Science Publishers Ltd., pp. 257-291.

- Adebowale, B. A., Orimoloye, P. O., Mustapha, K., & Olusola, M. (2021). ANTIOXIDATIVE AND ANTIFUNGAL EFFECTS OF COFFEE HUSK PASTE ON THE SHELF-LIFE QUALITY OF SMOKED TILAPIA (*SAROTERODON GALILEA*). HORTICULTURAL SOCIETY OF NIGERIA (HORTSON).
- Ahmad, M.A.; Rahman, N.K. (2011) Equilibrium, kinetics and thermodynamic of Remazol Brilliant Orange 3R dye adsorption on coffee husk-based activated carbon. *Chem. Eng. J*, 170, 154–161. [Google Scholar] [CrossRef]
- Akram, M., H.M. Asif, M. Uzair, N. Akhtar, A. Madni, S.M. Ali Shah, Z.U. Hasan, A. Ullah, (2011) Amino acids: a review article, *J. Med. Plants Res.* 5 3997–4000.
- Alves, R.C., F. Rodrigues, M. Antónia Nunes, A.F. Vinha, M.B.P.P. Oliveira. (2017). State of the Art in Coffee Processing By-Products, Elsevier Inc, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811290-8.00001-3>.
- Arya, S.S.; Venkatram, R.; More, P.R.; Vijayan, P. (2022) The wastes of coffee bean processing for utilization in food: A review. *J. Food Sci. Technol*, 59, 429–444. [Google Scholar] [CrossRef]
- Bekalo, S.A.; Reinhardt, H.-W. (2010) Fibers of coffee husk and hulls for the production of particleboard. *Mater. Struct.* 43, 1049–1060. [Google Scholar] [CrossRef]
- Barcelos, A.F.; Paiva, P.C. de A. and Von Tiesenhausen, I.M.E.V. (1999) Desempenho de novilhos de tres grupos genéticos em confinamento recebendo diferentes niveis de casca de café no concentrado (Performance of steers of three genetic groups in a feedlot trial receiving different levels of coffee hulls in the concentrate), *Ciência e Agrotecnologia*, 23, 948-957 (in Portuguese).
- Bekalo, S.A. dan H.-W. Reinhardt. (2010) Fibers of coffee husk and hulls for the production of particle board, *Mater. Struct.* 43 1049–1060, <https://doi.org/10.1617/s11527-009-9565-0>.
- Carvalho, P.L.O. (2008) Casca de café melosa ensilada na alimentação de suínos (Sticky coffee husks in swine feeds), M.Sc. Dissertation, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, Brazil, 77 pp. (in Portuguese).
- Composição químico-bromatológica da casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio (Proximate and chemical composition of coffee husks treated with amonium and sodium sulfate), *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 983-991 (in Portuguese).
- Corro, G.; Paniagua, L.; Pal, U.; Bañuelos, F.; Rosas, M. (2013) Generation of biogas from coffee-pulp and cow-dung co-digestion: Infrared studies of postcombustion emissions. *Energy Convers. Manag.* 2013, 74, 471–481. [Google Scholar] [CrossRef]
- Da Silva, M.C.S., J. Naozuka, J.M.R. Da Luz, L.S. De Assunção, P.V. Oliveira, M.C. D. Vanetti, D.M.S. Bazzolli, M.C.M. Kasuya, (2012) Enrichment of *Pleurotus ostreatus* mushrooms with selenium in coffee husks, *Food Chem.* 131, 558–563, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.023>.
- Diamahesa, W. A., & Muahiddah, N. (2022)^a. Potensi Ampas Kopi Dan Kulit Kopi Sebagai Bahan Baku Alternatif Pada Pakan Ikan: Potential Use Of Coffee Ground And Coffee Silver Skin As Alternative Ingredients In Fish Feed. *JURNAL SAINS TEKNOLOGI & LINGKUNGAN*, 8(2), 164-171.
- Diamahesa, W. A., & Muahiddah, N. (2022)^b. Pemanfaatan Ampas Kopi Sebagai Sumber Antioksidan untuk Ikan Budidaya. *Journal of Fish Nutrition*, 2(2), 131-140.

- Diamahesa, W. A., & Muahiddah, N. (2022)^c. Peningkatan Kualitas Kulit Kopi dengan Metode Fermentasi untuk Budidaya Ikan. *Journal of Fish Nutrition*, 2(2), 141-147.
- Dias, M.; Melo, M.M.; Schwan, R.F.; Silva, C.F. (2015) A new alternative use for coffee pulp from semi-dry process to β -glucosidase production by *Bacillus subtilis*. *Lett. Appl. Microbiol.* 61, 588–595. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
- Didanna, H.L. (2014) A critical review on feed value of coffee waste for livestock feeding, *World J. Biol. Biol. Sci.* 2, 72–86. <http://wsrjournals.org/journal/wjbbs>.
- Duangjai, A.; Suphrom, N.; Wungrath, J.; Ontawong, A.; Nuengchamnon, N.; Yosboonruang, A. (2016) Comparison of antioxidant, antimicrobial activities and chemical profiles of three coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extracts. *Integr. Med. Res.* 5, 324–331. [Google Scholar] [CrossRef]
- Esquivel, P. dan V.M. Jimenez, (2012) Functional properties of coffee and coffee by-products, *Food Res. Int.* 46, 488–495, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028>
- Gouvea, B.M., C. Torres, A.S. Franca, L.S. Oliveira, E.S. Oliveira, (2009) Feasibility of ethanol production from coffee husks, *Biotechnol. Lett.* 31, 1315–1319, <https://doi.org/10.1007/s10529-009-0023-4>.
- Gonçalves, M.; Guerreiro, M.C.; de Oliveira, L.C.A.; de Castro, C.S. (2013) A friendly environmental material: Iron oxide dispersed over activated carbon from coffee husk for organic pollutants removal. *J. Environ. Manag.* 127, 206–211. [Google Scholar] [CrossRef]
- Gurram, R.; Al-Shannag, M.; Knapp, S.; Das, T.; Singaas, E.; Alkasrawi, M. (2016) Technical possibilities of bioethanol production from coffee pulp: A renewable feedstock. *Clean Technol. Environ. Policy.* 18, 269–278. [Google Scholar] [CrossRef]
- Heeger, A.; Kosińska-Cagnazzo, A.; Cantergiani, E.; Andlauer, W. (2017) Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage. *Food Chem.* 221, 969–975. [Google Scholar] [CrossRef]
- Hoseini, M., Cocco, S., Casucci, C., Cardelli, V., & Corti, G. (2021). Coffee by-products derived resources. A review. *Biomass and Bioenergy*, 148, 106009.
- Janissen, B.; Huynh, T. (2018) Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resour. Conserv. Recycl.* 128, 110–117. [Google Scholar] [CrossRef]
- Kassa, H., T. Workayehu, (2014) Evaluation of some additives on coffee residue (coffee husk and pulp) quality as compost, southern Ethiopia, *Int. Invent. J. Agric. Soil Sci.* 2, 2408–7254. <http://internationalinventjournals.org/journals/IJAS>.
- Magoni, C.; Bruni, I.; Guzzetti, L.; Dell'Agli, M.; Sangiovanni, E.; Piazza, S.; Regonesi, M.E.; Maldini, M.; Spezzano, R.; Caruso, D.; et al. (2018) Valorizing coffee pulp by-products as anti-inflammatory ingredient of food supplements acting on IL-8 release. *Food Res. Int.* 112, 129–135. [Google Scholar] [CrossRef]
- Martínez-Carrera, D.; Aguilar, A.; Martínez, W.; Bonilla, M.; Morales, P.; Sobal, M. (2000) Commercial production and marketing of edible mushrooms cultivated on coffee pulp in Mexico. In *Coffee Biotechnology and Quality, Proceedings of the Third International Seminar on Biotechnology in the Coffee Agro-Industry*, Londrina, Brazil; Sera, T., Soccol, C.R., Pandey, A., Roussos, S., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp. 471–488. [Google Scholar]

- Menezes, E.G.T.; do Carmo, J.R.; Menezes, A.G.T.; Alves, J.G.L.F.; Pimenta, C.J.; Queiroz, F. (2013) Use of Different Extracts of Coffee Pulp for the Production of Bioethanol. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 169, 673–687. [Google Scholar] [CrossRef]
- Menezes, E.G.T.; do Carmo, J.R.; Alves, J.G.L.F.; Menezes, A.G.T.; Guimarães, I.C.; Queiroz, F.; Pimenta, C.J. (2014) Optimization of alkaline pretreatment of coffee pulp for production of bioethanol. *Biotechnol. Prog.* 30, 451–462. [Google Scholar] [CrossRef]
- Mhilu, C.F. (2014) Analysis of energy characteristics of rice and coffee husks blends, *ISRN Chem. Eng.* 1–6, <https://doi.org/10.1155/2014/196103>, 2014.
- Murthy, P.S., M. Madhava Naidu, (2012) Sustainable Management of Coffee Industry By- Products and Value Addition - A Review, Elsevier B.V, 2012, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec>.
- Monaco, L.C., M.R. Sondahl, A. Carvalho, O.J. Crocomo, W.R. Sharp, (1977) Applications of tissue culture in the improvement of coffee, in: *Appl. Fundam. Asp. Plant Cell, Tissue, Organ Cult.*
- Navya, P.N. dan S.M. Pushpa, (2013) Production, statistical optimization and application of endoglucanase from *Rhizopus stolonifer* utilizing coffee husk, *Bioproc. Biosyst. Eng.* 36, 1115–1123, <https://doi.org/10.1007/s00449-012-0865-3>.
- Nguyen, Q.A.; Yang, J.; Bae, H.-J. (2017) Bioethanol production from individual and mixed agricultural biomass residues. *Ind. Crops Prod.* 95, 718–725. [Google Scholar] [CrossRef]
- No Title. (2017) The 20 amino acids and their functionse. <https://www.lifepersona.com/the-20-amino-acids-and-their-functions>.
- Oliveira, V. D., Fialho, E. T., Lima, J. A. F., Oliveira, A. I. G. D. and Freitas, R. T. F. D. (2001) Substituição do milho por casca de café em rações isoenergéticas para suínos em crescimento e terminação (Coffee husks as a corn substitute in isoenergetic diets for swines: digestibility and performance), *Ciência e Agrotecnologia*, 25, 424-436 (in Portuguese).
- Oliveira, S.L., Fialho, E.T., Murgas, L.D.S., Freitas, R.T.F. and Oliveira, A.I.G. (2002) Utilização de casca de café melosa em rações de suínos em terminação (Use of sticky coffee husks in finishing swine feeds), *Ciência e Agrotecnologia*, 26, 1330-1337 (in Portuguese).
- Oliveira, L.S., A.S. Franca (2014) An overview of the potential uses for coffee husks, elsevier inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00031-0>.
- Pandey, A., Soccol, C.R., Nigam, P. and Soccol, V. T. (2000a) Biotechnological potential of agro-industrial residues. I: sugarcane bagasse, *Bioresource Technology*, 74 69-80.
- Pandey, A., Soccol, C.R., Nigam, P., Brand, D., Mohan, R. and Roussos, S. (2000b) Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses, *Biochemical Engineering Journal*, 6, 153-162.
- Pleissner, D.; Neu, A.-K.; Mehlmann, K.; Schneider, R.; Puerta-Quintero, G.I.; Venus, J. Fermentative lactic acid production from coffee pulp hydrolysate using *Bacillus coagulans* at laboratory and pilot scales. *Bioresour. Technol.* 2016, 218, 167–173. [Google Scholar] [CrossRef]
- Rocha, F. C., Garcia, R., Bernardino F. S., Freitas, A.P.W., Valadares, R. F. D., Junqueira, B. A., Rigueira J. P. S. and Rocha, G. C. (2005) Síntese de proteína microbiana em vacas recebendo dietas contendo casca de café (Synthesis of

- microbial protein in caws fed diets containing coffee husks), *Boletim da Indústria Animal* 62, 149-156 (in Portuguese). Parra et al., 2008).
- Selvam, K.; Govarathanan, M.; Kamala-Kannan, S.; Govindharaju, M.; Senthilkumar, B.; Selvankumar, T.; Sengottaiyan, A. (2014) Process optimization of cellulase production from alkali-treated coffee pulp and pineapple waste using *Acinetobacter* sp. TSK MASC RSC Adv. 4, 13045–13051. [Google Scholar] [CrossRef]
- Shemekite, F., M. Gómez-Brandón, I.H. Franke-Whittle, B. Praehauser, H. Insam, F. Assefa. (2014) Coffee husk composting: an investigation of the process using molecular and non-molecular tools, *Waste Manag.* 34, 642–652, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.010>.
- Souza, A. L., Bernardino, F. S., Garcia, R., Pereira, O. G., Rocha, F. C. and Pires, A. J. V. (2003) Valor nutritivo de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com diferentes níveis de casca de café (Nutritive value of *Pennisetum purpureum* Schum. silage with different levels of coffee husks), *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 828-833 (in Portuguese).
- Souza, A. L., Garcia, R., Bernardino, F. S., Rocha, F. C., Filho, S. C. V., Pereira, O. G. and Pires, A. J. V. (2004) Casca de café em dietas de carneiros: consumo e digestibilidade (Coffee husks in sheep diet: consumption and digestibility), *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 2170-2176 (in Portuguese).
- Teixeira, J.C. (1992) *Nutrição de ruminantes (Ruminant nutrition)*. Lavras:FAEPE, 267 .p (in Portuguese).
- Torres-Mancera^a, M.T.; Baqueiro-Peña, I.; Figueroa-Montero, A.; Rodríguez-Serrano, G.; González-Zamora, E.; Favela-Torres, E.; Saucedo-Castañeda. (2013) G. Biotransformation and improved enzymatic extraction of chlorogenic acid from coffee pulp by filamentous fungi. *Biotechnol. Prog.* 29, 337–345. [Google Scholar] [CrossRef]
- Torres-Mancera^b, M.-T.; Cordova-López, C.J.; Rodríguez-Serrano, G.; Roussos, S.; Ramírez-Coronel, M.A.; Favela-Torres, E.; Saucedo-Castañeda (2011) G. Enzymatic extraction of hydroxycinnamic acids from coffee pulp. *Food Technol. Biotechnol.* 49, 369–373. [Google Scholar]
- Velázquez-Cedeño, M.A.; Mata, G.; Savoie, J.-M. (2002) Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: Changes in the production of some lignocellulolytic enzymes. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 18, 201–207. [Google Scholar] [CrossRef]
- Vilela, F. G., Perez, J. R. O., Teixeira, J. C. and Reis, S. T. (2001) Uso da casca de café melosa em diferentes níveis na alimentação de novilhos confinados (Use of “sticky” coffee husks at several levels for feeding confined steers), *Ciênc. Agrotec.*, 25, 198-205 (in Portuguese).
- Workagegn, K. B., Ababoa, E. D., Yimer, G. T., & Amare, T. A. (2014). Growth performance of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed different types of diets formulated from varieties of feed ingredients. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 5(3), 1. Chicago.