

## Asam Laurat Minyak Maggot (*Hermetia illucens L.*) Sebagai Bahan Dasar Kosmetik

### *Lauric Acid of Black Soldier Fly (Hermetia illucens L.) Larvae Oil As Cosmetic Ingredient*

Chardia Nectarina Amandava Nugrahati<sup>1</sup>, Rudy Agung Nugroho<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

\*Corresponding author: [rudanyagung.nugroho@fmipa.unmul.ac.id](mailto:rudanyagung.nugroho@fmipa.unmul.ac.id)

**Abstract:** The development of sustainable and environmentally friendly cosmetic ingredients continues to be developed. One of the important ingredients in cosmetics is Lauric acid. Lauric acid with high content can be obtained from the black soldier fly (*Hermetia illucens L.*) larva oil or BSFL oil. The aim of the study was to reveal the potential of lauric acid from BSFL oil as an important ingredient in cosmetics. From previous research, it was stated that BSFL oil contains about 17-22% lauric acid even higher depends on their substrate to growth. The relatively high content of lauric acid in the BSFL oil, provides better advantages, lower toxicity and environmentally friendly as antibacteria, antifungal, and a biosurfactant compared to surfactants from petroleum. The use of BSFL oil as a sustainable source of lauric acid is attractive, because these insects can grow in various organic waste substrates, so the production process is more cost-effective and environmentally friendly. In addition, lauric acid as a biosurfactant exhibits properties of surface and interfacial activity, emulsification, wetting, and foaming, which are critical for the performance of various cosmetic products. In addition, lauric acid biosurfactants have been shown to have good antibacterial and antioxidant properties.

**Keywords:** Biosurfactant, BSFL, Cosmetic, eco-friendly, Lauric ac

## 1. PENDAHULUAN

Industri kosmetik terus berevolusi, beradaptasi dengan perubahan preferensi konsumen dan kemajuan teknologi. Seiring dengan meningkatnya permintaan konsumen akan produk yang dipersonalisasi dan inovatif, industri ini harus tetap menjadi yang terdepan dalam memenuhi kebutuhan yang terus berkembang. Dari pengenalan bahan-bahan sintetis hingga munculnya formulasi alami dan organik, industri kosmetik telah mengalami transformasi yang signifikan. Saat ini, industri kosmetik adalah lanskap yang dinamis dan berkembang pesat, didorong oleh tren konsumen, perubahan peraturan, dan pencarian terobosan ilmiah. Seiring dengan perkembangannya, industri ini harus mencapai keseimbangan antara memenuhi harapan konsumen dan memastikan keamanan dan kemanjuran produk (Ferreira et al., 2022).

Di antara sekian banyak serangga yang dapat dibudidayakan, larva lalat tentara hitam (*Hermetia illucens L.*) atau *Black Soldier Fly Larva* (BSFL), memberikan beberapa manfaat nutrisi bagi ternak, budidaya ikan, dan pertanian berkelanjutan (Burron et al., 2024; Hu et al., 2024; Siddiqui et al., 2024). Larva lalat tentara hitam yang juga dikenal sebagai maggot ditemukan secara global di berbagai iklim dan lingkungan yang kaya nutrisi dengan banyak sisa-sisa hewan dan tumbuhan yang membusuk (Salam et al., 2022; Siddiqui et al., 2022). Maggot memiliki sifat menguntungkan, termasuk kandungan protein dan lemak yang relatif tinggi, kemampuan untuk tumbuh di berbagai bahan limbah yang tidak layak untuk digunakan sebagai makanan manusia (Franco et al., 2021; Lu et al., 2022). Kandungan nutrisi BSFL dapat mencapai 40% protein (Al-Qazzaz et al., 2016; Wiryawan et al., 2024) dan 30-40% lipid (Jung et al., 2022) serta bervariasi tergantung pada substrat yang digunakan untuk pertumbuhannya (Newton et al., 2005; Yakti et al., 2023). Lebih jauh lagi, jenis substrat sangat mempengaruhi produksi dan nilai gizi maggot (Fischer & Romano, 2021; Lalander et al., 2019; Truzzi et al., 2020).

Di samping nilai protein dan lemak yang tinggi terkandung dalam maggot, lemak atau minyak maggot mengandung bahan penting yaitu asam laurat (Nugroho et al., 2024; Nugroho et al., 2023). Asam laurat merupakan salah satu komponen utama larva lalat tentara hitam. Asam laurat merupakan asam lemak rantai menengah yang mempunyai potensi manfaat dalam bidang kesehatan dan aplikasinya di industri (Hosseindoust et al., 2023). Asam laurat yang berasal dari larva lalat tentara hitam telah terbukti memiliki sifat insektisida, dengan penelitian yang menunjukkan keefektifannya terhadap spesies serangga tertentu. Selain itu, asam laurat mempunyai kemampuan



Sebagai antimikroba dan antivirus (Dos Santos et al., 2020). Asam laurat dapat digunakan dalam produksi berbagai produk industri, seperti surfaktan, pelumas, dan bahan bakar nabati (Naylor et al., 2021).

Sebagai perbandingan, asam laurat juga ditemukan dari berbagai sumber alam lainnya, seperti minyak kelapa (Dayrit, 2015). Asam lemak tersebut merupakan bahan dasar penting dalam bidang kosmetik karena sifatnya yang melembapkan (da Silva et al., 2020) dan mampu bersifat sebagai antimikroba (Nitbani et al., 2022). Asam laurat membantu mengembalikan keseimbangan kelembapan dan mencegah kekeringan (Ijaz & Akhtar, 2020). Sifat emolien asam laurat menghaluskan bercak-bercak kasar dan menenangkan kulit yang teriritasi, sehingga cocok untuk mengatasi kekeringan, kekasaran, dan ketidaknyamanan (Verma et al., 2024).

Beberapa riset terdahulu telah banyak mengevaluasi tentang asam laurat yang berasal dari berbagai sumber alami dan manfaatnya secara umum. Sejauh ini juga belum banyak kajian pustaka yang mengungkap potensi asam laurat yang dihasilkan dari maggot lalat tentara hitam untuk bahan dasar kosmetika. Untuk itu, tujuan dari penelitian berbasis kajian pustaka ini adalah untuk mengetahui potensi asam laurat yang dihasilkan dari maggot lalat tentara hitam sebagai bahan dasar kosmetika.

## 2. METODE

Studi literatur dengan kriteria pencarian jurnal berbasis internasional yang dipublikasikan pada rentang tahun 2014-2024. Database yang digunakan berupa, Google Scholar, PubMed, ResearchGate, ScienceDirect dengan kata kunci pencarian “Asam laurat BSF”, “Biosurfaktan asam laurat”, Asam laurat kosmetik. Pemilihan berdasarkan penyesuaian dengan judul, abstrak, tujuan, hasil, dan pembahasan yang menggambarkan kesesuaian topik dibahas serta pengkajian secara keseluruhan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Asam laurat adalah bahan yang umum ditemukan di banyak produk kosmetik, terutama yang dipasarkan sebagai pelembap atau pembersih. Salah satu jenis asam lemak jenuh ini umumnya berasal dari minyak kelapa atau minyak inti sawit. Asam lemak ini juga mempunyai kemampuan untuk membersihkan dan melembapkan kulit secara efektif. Dalam industri kosmetik, asam laurat digunakan dalam berbagai formulasi, termasuk krim, losion, dan sabun, karena sifatnya yang melembapkan dan berbusa. Selain itu, asam laurat diyakini memiliki efek antimikroba dan antibakteri. Dengan sifat tersebut, menjadikan asam laurat menjadi bahan pilihan penting untuk produk perawatan kulit untuk mengatasi jerawat dan masalah kulit lainnya. Karena permintaan akan bahan-bahan alami dan berkelanjutan terus meningkat, penggunaan asam laurat dalam industri kosmetik kemungkinan besar akan tetap menjadi komponen yang penting dan digunakan secara luas (Sandhya et al., 2016).

Asam laurat, merupakan senyawa yang dapat diperoleh dari berbagai sumber alam. Salah satu sumber utama asam laurat adalah kelapa, yang menyumbang sebagian besar komposisi minyak. Selain itu, asam laurat juga dapat ditemukan dalam minyak tropis lainnya, seperti minyak inti sawit, yang diekstrak dari biji pohon kelapa. Sumber nabati ini merupakan sumber asam lemak yang bermanfaat dan terbarukan. Asam laurat tidak terbatas pada sumber nabati; asam laurat juga dapat ditemukan pada lemak hewani, terutama pada susu dan daging hewan pemamah biak seperti sapi dan kambing. Meskipun konsentrasi asam laurat dalam sumber-sumber hewani ini umumnya lebih rendah dibandingkan dengan minyak kelapa dan minyak tropis lainnya, asam lemak tersebut merupakan sumber alternatif asam laurat.

Sumber lain asam laurat yang berasal dari serangga adalah dari larva lalat tentara hitam. Maggot lalat tentara hitam merupakan sebagai sumber protein dan lipid alternatif yang menjanjikan karena kemampuannya untuk secara efisien mengubah limbah organik menjadi biomassa yang berharga. Maggot lalat tentara hitam ini mempunyai ciri yaitu profil lipid berupa asam laurat. Komposisi asam laurat pada maggot lalat tentara hitam, sangat bervariasi, tergantung pada substrat yang digunakan untuk pemeliharaan (Tognocchi et al., 2024). Tabel 1 berikut ini merupakan tabulasi data variasi kandungan asam laurat dari maggot lalat tentara hitam yang ditumbuhkan dari berbagai media substrat.

Tabel 1. Profil Asam Laurat Maggot Lalat Tentara Hitam (*Hermetia illucens* L.) yang Ditumbuhkan dengan Berbagai Substrat

JENIS SUBSTRAT	KANDUNGAN ASAM LAURAT (%)	REFERENSI
Fermentasi bungkil kelapa sawit dengan penambahan gula	17,0-22,6	(Nugroho et al., 2024)
	11,2-19,7	(Nugroho et al., 2023)
Sisa agroindustri	36,9	(Zulkifli et al., 2022)
Pakan ayam, molase, roti dan cookie, kulit kentang Gandum hitam	28,9-50,7	(Oonincx et al., 2015)
	47,7	(Matthäus et al., 2019)



JENIS SUBSTRAT	KANDUNGAN ASAM LAURAT (%)	REFERENSI
Bungkil kelapa sawit	40,5	(Alifian et al., 2019)
Roti	51,8	(Ewald et al., 2020)
Kentang, limbah sisa kopi, sisa roti	27,6-42,9	(Romano et al., 2022)
Limbah buah dan sayur	16,6	(Yandi et al., 2023)

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa komposisi limbah organik, termasuk adanya kandungan makronutrien (protein, karbohidrat, dan lemak), dapat secara signifikan memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan profil lipid maggot lalat tentara hitam. Faktor-faktor seperti rasio karbon-ke-nitrogen (C/N), kadar air, dan keberadaan nutrisi atau kontaminan tertentu dalam limbah semuanya dapat mempengaruhi kandungan asam laurat dalam maggot lalat tentara hitam. Misalnya, substrat dengan kandungan protein yang lebih tinggi telah dikaitkan dengan peningkatan produksi asam laurat, karena larva dapat lebih efisien memanfaatkan nitrogen yang tersedia untuk lipogenesis (Hoc et al., 2020).

Dari hasil penelusuran tentang pengaruh substrat terhadap kadar asam laurat, didapatkan bahwa berbagai macam substrat sangat berpengaruh terhadap kadar asam laurat. Biokonversi limbah roti, gandum hitam, dan bungkil kelapa sawit oleh maggot lalat tentara hitam menghasilkan kandungan asam laurat sekitar 40,5- 51,8 %. Hasil penelusuran lain menyebutkan bahwa, maggot lalat tentara hitam yang dipelihara dengan limbah buah menghasilkan tingkat asam laurat yang lebih tinggi, melebihi larva yang dipelihara di atas substrat daging atau sayuran sekitar 38% (Tognocchi et al., 2024). Perbedaan kandungan asam laurat dari maggot lalat tentara hitam mengindikasikan kemampuan larva dalam mensintesis asam laurat secara efektif dari bahan organik yang berbeda.

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menjelaskan interaksi yang kompleks antara karakteristik limbah organik dan sintesis asam laurat dari maggot lalat tentara hitam. Penelitian sistematis terhadap berbagai aliran limbah, termasuk residu pertanian, produk sampingan pengolahan makanan, dan sampah kota, dapat memberikan tambahan data yang penting tentang kondisi optimal untuk memaksimalkan hasil asam laurat dari maggot lalat tentara hitam. Selain itu, mengeksplorasi potensi teknik pretreatment limbah, seperti pemrosesan termal, kimia, atau enzimatik, dapat meningkatkan ketersediaan hayati nutrisi dan merangsang produksi asam laurat dari maggot lalat tentara hitam (Wu et al., 2023).

Asam laurat adalah bahan penting dalam industri kosmetik karena sifatnya yang serbaguna dan multifungsi. Asam laurat dapat diperoleh dengan beberapa cara, yaitu cara ekstraksi sederhana dari minyak maggot, dan juga dapat menggunakan teknik ekstraksi superkritikal CO<sub>2</sub> yang diperoleh Asam laurat yang didapat dari ekstraksi minyak maggot lalat tentara hitam mempunyai sifat dan karakteristik serta manfaat yang bervariasi dalam bidang kosmetik (Tabel 2). Sebagai contoh: perolehan asam laurat dari maggot lalat tentara hitam yang diperoleh dengan cara ekstraksi superkritikal CO<sub>2</sub>, mempunyai fungsi sebagai antioksidan dan biosurfaktan.

Tabel 2. Sifat dan Karakteristik Asam Laurat Maggot Lalat Tentara Hitam

SIFAT DAN KARAKTERISTIK	FUNGSI DALAM KOSMETIK	REFERENSI
Kandungan asam laurat yang tinggi dari maggot lalat tentara hitam dengan model ekstraksi superkritikal CO <sub>2</sub>	Antioksidan, mencegah kerusakan oksidatif, kesehatan kulit, Tidak toksik, mencegah pertumbuhan keratinosit, meningkatkan kesehatan kulit dan biosurfaktan	(Muangrat & Pannasai, 2024) (Almeida et al., 2022)
Kandungan asam laurat tinggi yaitu 76,13%	Gel untuk mandi, sabun, biosurfaktan	(Verheyen et al., 2020)
Asam laurat maggot lalat tentara hitam dapat digunakan dengan kombinasi asam lemak lain, untuk pembuatan biodiesel, pelumas nabati, surfaktan, dan pengemulsi	Emulsifiers, lubrikan, Biosurfaktan, antibakteri, dan antifungal	(Suryati et al., 2023)
Produksi monoasilgliserol yang diperkaya asam laurat dari minyak maggot lalat tentara hitam	Formulasi produk kosmetik	(Franco et al., 2024)
Produksi monoasilgliserol yang diperkaya asam laurat dari minyak larva lalat tentara hitam (BSFL)	antimikrobia	(Xu et al., 2021)
Peningkatan asam laurat pada maggot lalat tentara hitam yang dipelihara pada substrat kelapa.	Antimikrobia	(Gatlin III et al., 2024)

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa, asam laurat maggot lalat tentara hitam menunjukkan kemampuan melawan radikal bebas yang kuat, yang secara efektif menetralkan spesies oksigen reaktif yang berbahaya. Kapasitas antioksidan berperan penting dalam mengurangi stres oksidatif (Ushakova et al., 2019; Zhu et al., 2020). Sifat antioksidan asam laurat maggot lalat tentara hitam berhubungan dengan kemampuannya untuk memodulasi aktivitas enzim antioksidan seluler, seperti superoksida dismutase dan katalase (Sandhya et al., 2016).

Asam laurat dari maggot lalat tentara hitam juga menjadi salah satu sumber biosurfaktan yang menjanjikan dan diketahui mempunyai sifat antimikroba yang kuat (Li et al., 2016). Secara khusus, asam laurat maggot lalat tentara hitam menunjukkan sifat aktif permukaan yang sangat baik, termasuk emulsifikasi, dispersi, dan



Tensoaktivitas, sehingga menunjukkan potensinya sebagai biosurfaktan (Hosseindoust et al., 2023). Untuk itu, asam laurat dari maggot lalat tentara hitam sangat berpotensi menjadi bahan dasar dari kosmetik.

Seperti telah diketahui sebelumnya, kosmetik telah menjadi bagian integral dari kehidupan modern, dengan berbagai macam produk yang tersedia untuk perawatan pribadi dan perawatan kulit. Namun, masalah kontaminasi jamur pada kosmetik menjadi perhatian yang semakin meningkat, karena dapat menyebabkan iritasi kulit, infeksi, dan masalah kesehatan lainnya (Yadav & Khunger, 2023).

Kontaminasi jamur merupakan masalah yang lazim terjadi di industri kosmetik, seperti hasil penelitian terdahulu yang menemukan bagian yang tidak proporsional dari isolat jamur pada produk mata dan persentase yang sedikit lebih rendah dari sampel yang mengandung pengawet. Hal tersebut menandakan bahwa pentingnya agen antijamur yang lebih efektif dan alami dalam formulasi kosmetik (Bouzroud et al., 2023). Untuk itu, industri kosmetik terus mencari bahan alami, aman, dan efektif untuk mengatasi masalah ini, dan salah satu solusi yang menjanjikan dapat ditemukan pada asam laurat yang berasal dari maggot lalat tentara hitam.

Asam laurat dari maggot lalat tentara hitam merupakan asam lemak dengan sifat unik yang membuat asam lemak tersebut mempunyai sifat pengemulsi alami yang efektif. Asam laurat memiliki kemampuan untuk menstabilkan antarmuka antara minyak dan air, yang merupakan fungsi penting dalam penciptaan emulsi yang stabil. Sifat yang penting ini menempatkan asam laurat yang berasal dari maggot lalat tentara hitam sebagai alternatif alami yang menjanjikan untuk pengemulsi sintetis yang biasa digunakan dalam industri makanan dan kosmetik. Dibandingkan dengan pengemulsi buatan, pengemulsi yang terbuat dari maggot lalat tentara hitam menawarkan pilihan yang lebih ramah lingkungan dan terbarukan bagi formulator dan produsen (Dumas et al., 2018).

#### 4. SIMPULAN

Salah satu sumber asam laurat berasal dari maggot lalat tentara hitam. Maggot lalat tentara hitam merupakan sumber protein dan lipid alternatif yang menjanjikan karena kemampuannya secara efisien mengubah limbah organik menjadi biomassa yang berharga. Komposisi asam laurat pada maggot lalat tentara hitam, sangat bervariasi, tergantung pada substrat yang digunakan untuk pemeliharaan. Asam laurat yang dihasilkan oleh maggot lalat tentara hitam berpotensi sebagai bahan kosmetik. Asam laurat adalah bahan yang umum ditemukan di banyak produk kosmetik, terutama yang dipasarkan sebagai pelembap atau pembersih. Salah satu jenis asam laurat jenuh ini mempunyai kemampuan untuk menyumbang dan melembapkan kulit secara efektif. Dalam industri kosmetik, asam laurat digunakan dalam berbagai formulasi, termasuk krim, losion, dan sabun, karena sifatnya yang melembapkan dan berbusa. Selain itu, asam laurat memiliki efek biosurfaktan, antimikroba dan antibakteri. Dengan sifat tersebut, menjadikan asam laurat menjadi bahan pilihan penting untuk produk kosmetika.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang tidak dapat dituliskan satu persatu dan telah berperan dalam penulisan artikel dan penelusuran data.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qazzaz, M. F. A., Ismail, D., Akit, H., & Idris, L. H. (2016). Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45(9), 518-523.
- Alifian, M., Sholikin, M., Evvyernie, D., & Nahrowi. (2019). *Potential fatty acid composition of Hermetia illucens oil reared on different substrates*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Almeida, C., Murta, D., Nunes, R., Baby, A. R., Fernandes, Â., Barros, L., Rijo, P., & Rosado, C. (2022). Characterization of lipid extracts from the *Hermetia illucens* larvae and their bioactivities for potential use as pharmaceutical and cosmetic ingredients. *Heliyon*, 8(5).
- Bouzroud, S., El Maaiden, E., Sobeh, M., Merghoub, N., Boukcim, H., Kouisni, L., & El Kharrassi, Y. (2023). Biotechnological approaches to producing natural antioxidants: anti-ageing and skin longevity prospects. *International journal of molecular sciences*, 24(2), 1397.
- Burron, S., Dulude, C., McCorkell, T. C., Darani, P. S., Cieslar, S., DeVries, T., Estey, J., Koutsos, E., Adams, D., & Modica, B. (2024). Whole dried black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae are acceptable, palatable, and do not negatively affect health when fed to healthy, adult horses at low inclusion rates. *Animal Feed Science and Technology*, 116000.
- da Silva, M. J. F., Rodrigues, A. M., Vieira, I. R. S., de Araújo Neves, G., Menezes, R. R., do Rosário Gonçalves, E. d. G., & Pires, M. C. C. (2020). Development and characterization of a babassu nut oil-based moisturizing cosmetic emulsion with a high sun protection factor. *RSC Advances*, 10(44), 26268-26276.
- Dayrit, F. M. (2015). The properties of lauric acid and their significance in coconut oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92, 1-15.



- Dos Santos, L. B., Favero, F. C., Conde, M. H., Freitas, M. G., Santos-Zanuncio, V. S., Carollo, C. A., & de Almeida Borges, F. (2020). Clinical safety of lauric acid for cattle and its in vitro and in vivo efficacy against *Rhipicephalus microplus*. *Veterinary Parasitology*, 280, 109095.
- Dumas, A., Raggi, T., Barkhouse, J., Lewis, E., & Weltzien, E. (2018). The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 492, 24-34.
- Ewald, N., Vidakovic, A., Langeland, M., Kiessling, A., Sampels, S., & Lalander, C. (2020). Fatty acid composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*)—Possibilities and limitations for modification through diet. *Waste Management*, 102, 40-47.
- Ferreira, M., Matos, A., Couras, A., Marto, J., & Ribeiro, H. (2022). Overview of cosmetic regulatory frameworks around the world. *Cosmetics*, 9(4), 72.
- Fischer, H., & Romano, N. (2021). Fruit, vegetable, and starch mixtures on the nutritional quality of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and resulting frass. *J Insects as Food Feed*, 7(3), 319-327.
- Franco, A., Scieuzo, C., Salvia, R., Petrone, A. M., Tafi, E., Moretta, A., Schmitt, E., & Falabella, P. (2021). Lipids from *Hermetia illucens*, an innovative and sustainable source. *Sustainability*, 13(18), 10198.
- Franco, A., Scieuzo, C., Salvia, R., Pucciarelli, V., Borrelli, L., Addeo, N. F., Bovera, F., Laginestra, A., Schmitt, E., & Falabella, P. (2024). Antimicrobial activity of lipids extracted from *Hermetia illucens* reared on different substrates. *Applied microbiology and biotechnology*, 108(1), 167. doi:10.1007/s00253-024-13005-9
- Gatlin III, D. M., Pucci Figueiredo De Carvalho, P. L., Flint, C., Miranda, C., & Tomberlin, J. K. (2024). Evaluation of lauric acid enhancement of black soldier fly larvae from coconut. *Journal of economic entomology*, toae093.
- Hoc, B., Genva, M., Fauconnier, M.-L., Lognay, G., Francis, F., & Caparros Megido, R. (2020). About lipid metabolism in *Hermetia illucens* (L. 1758): on the origin of fatty acids in prepupae. *Scientific reports*, 10(1), 11916.
- Hosseindoust, A., Ha, S. H., Mun, J. Y., & Kim, J. S. (2023). Quality characteristics of black soldier flies produced by different substrates. *Insects*, 14(6), 500.
- Hu, X., Zhang, H., Pang, Y., Cang, S., Wu, G., Fan, B., Liu, W., Tan, H., & Luo, G. (2024). Performance of feeding black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae on shrimp carcasses: A green technology for aquaculture waste management and circular economy. *Science of the Total Environment*, 928, 172491.
- Ijaz, M., & Akhtar, N. (2020). Fatty acids based  $\alpha$ -Tocopherol loaded nanostructured lipid carrier gel: In vitro and in vivo evaluation for moisturizing and anti-aging effects. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 19(11), 3067-3076.
- Jung, S., Jung, J.-M., Tsang, Y. F., Bhatnagar, A., Chen, W.-H., Lin, K.-Y. A., & Kwon, E. E. (2022). Biodiesel production from black soldier fly larvae derived from food waste by non-catalytic transesterification. *Energy*, 238, 121700.
- Lalander, C., Diener, S., Zurbrügg, C., & Vinnerås, B. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production*, 208, 211-219.
- Li, S., Ji, H., Zhang, B., Tian, J., Zhou, J., & Yu, H. (2016). Influence of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture*, 465, 43-52.
- Lu, S., Taethaisong, N., Meethip, W., Surakhunthod, J., Sinpru, B., Sroichak, T., Archa, P., Thongpea, S., Paengkoum, S., & Purba, R. A. P. (2022). Nutritional composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) and its potential uses as alternative protein sources in animal diets: A review. *Insects*, 13(9), 831.
- Matthäus, B., Piofczyk, T., Katz, H., & Pudiel, F. (2019). Renewable resources from insects: exploitation, properties, and refining of fat obtained by cold-pressing from *Hermetia illucens* (Black Soldier Fly) larvae. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(7), 1800376.
- Muangrat, R., & Pannasai, S. (2024). Exploring the potential of black soldier fly larvae oil: Supercritical CO<sub>2</sub> extraction, physicochemical analysis, antioxidant properties, shelf life, and keratinocyte growth inhibition. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 101008.
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., Little, D. C., Lubchenco, J., Shumway, S. E., & Troell, M. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591(7851), 551-563.
- Newton, L., Sheppard, C., Watson, D. W., Burtle, G., & Dove, R. (2005). Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. *Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC*, 17(2005), 18.
- Nitbani, F. O., Tjitda, P. J. P., Nitti, F., Jumina, J., & Detha, A. I. R. (2022). Antimicrobial properties of lauric acid and monolaurin in virgin coconut oil: a review. *ChemBioEng Reviews*, 9(5), 442-461.
- Nugroho, R. A., Aryani, R., Hardi, E. H., Manurung, H., Rudianto, R., & Jati, W. N. (2024). Fermented palm kernel waste with different sugars as substrate for black soldier fly larvae. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 10(2), 503-516.



- Nugroho, R. A., Aryani, R., Hardi, E. H., Manurung, H., Rudianto, R., Wirawan, N. A., Syalsabillah, N., & Jati, W. N. (2023). Nutritive value, material reduction, biomass conversion rate, and survival of black soldier fly larvae reared on palm kernel meal supplemented with fish pellets and fructose. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1-12.
- Oonincx, D. G., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & Van Loon, J. J. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *Plos one*, 10(12), e0144601.
- Romano, N., Fischer, H., Kumar, V., Francis, S. A., & Sinha, A. K. (2022). Productivity, conversion ability, and biochemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae fed with sweet potato, spent coffee or dough. *Int J Trop Insect Sci*, 42(1), 183-190. doi:https://doi.org/10.1007/s42690-021-00532-5
- Salam, M., Shahzadi, A., Zheng, H., Alam, F., Nabi, G., Dezhi, S., Ullah, W., Ammara, S., Ali, N., & Bilal, M. (2022). Effect of different environmental conditions on the growth and development of Black Soldier Fly Larvae and its utilization in solid waste management and pollution mitigation. *Environmental Technology & Innovation*, 28, 102649.
- Sandhya, S., Talukdar, J., & Bhaishya, D. (2016). Chemical and biological properties of lauric acid: A review. *Int. J. Adv. Res*, 4, 1123-1128.
- Siddiqui, S. A., Ristow, B., Rahayu, T., Putra, N. S., Yuwono, N. W., Mategeko, B., Smetana, S., Saki, M., Nawaz, A., & Nagdalian, A. (2022). Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. *Waste Management*, 140, 1-13.
- Siddiqui, S. A., Süfer, Ö., Çalışkan Koç, G., Lutuf, H., Rahayu, T., Castro-Muñoz, R., & Fernando, I. (2024). Enhancing the bioconversion rate and end products of black soldier fly (BSF) treatment—A comprehensive review. *Environment, Development and Sustainability*, 1-69.
- Suryati, T., Julaeha, E., Farabi, K., Ambarsari, H., & Hidayat, A. T. (2023). Lauric acid from the black soldier fly (*Hermetia illucens*) and its potential applications. *Sustainability*, 15(13), 10383.
- Tognocchi, M., Abenaim, L., Adamaki-Sotiraki, C., Athanassiou, G., Rumbos, I., Mele, M., Conti, B., & Conte, G. (2024). Effect of different diet composition on the fat profile of two different Black Soldier Fly larvae populations. *Animal*, 101205.
- Truzzi, C., Giorgini, E., Annibaldi, A., Antonucci, M., Illuminati, S., Scarponi, G., Riolo, P., Isidoro, N., Conti, C., & Zarantoniello, M. (2020). Fatty acids profile of black soldier fly (*Hermetia illucens*): Influence of feeding substrate based on coffee-waste silverskin enriched with microalgae. *Animal Feed Science and Technology*, 259, 114309.
- Ushakova, N., Dontsov, A., Sakina, N., Bastrakov, A., & Ostrovsky, M. (2019). Antioxidative properties of melanins and ommochromes from black soldier fly *Hermetia illucens*. *Biomolecules*, 9(9), 408.
- Verheyen, G. R., Theunis, M., Vreysen, S., Naessens, T., Noyens, I., Ooms, T., Goossens, S., Pieters, L., Foubert, K., & Miert, S. V. (2020). Glycine-acyl surfactants prepared from black soldier fly fat, coconut oil and palm kernel oil. *Current Green Chemistry*, 7(2), 239-248.
- Verma, K., Kaushik, P., Chugh, R., Kaur, G., & Kathuria, D. (2024). Cosmeceutical applications of natural oils and fats. In *Specialized Plant Metabolites as Cosmeceuticals* (pp. 239-256): Elsevier.
- Wiryawan, I. K. G., Mandiling, I. H., Purnamasari, D. K., & Maslami, V. (2024). *Chemical composition and protein quality of BSF larvae reared with different media in Lombok*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Wu, L., Li, Z., Li, J., Fang, H., Qiu, X., Fu, P., & Zhu, T. (2023). *Lipid extraction of black soldier fly larva using aqueous enzymatic and soxhlet method*. Paper presented at the E3S Web of Conferences.
- Xu, W., Xu, L., Liu, X., He, S., Ji, Y., Wang, W., & Wang, F. (2021). An Effective strategy for the production of lauric acid-enriched monoacylglycerol via enzymatic glycerolysis from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae (BSFL) oil. *Applied biochemistry and biotechnology*, 193, 2781-2792.
- Yadav, G., & Khunger, S. (2023). Kunal. Allergic Contact Dermatitis Due to Chemical Agents and Microbial Contamination in Cosmetic Products: A Review. *J Pure Appl Microbiol*, 17(3), 1391-1399.
- Yakti, W., Müller, M., Klost, M., Mewis, I., Dannehl, D., & Ulrichs, C. (2023). Physical properties of substrates as a driver for *Hermetia illucens* (L.)(Diptera: Stratiomyidae) larvae growth. *Insects*, 14(3), 266.
- Yandi, I., Öztürk, R. Ç., Kocabas, M., Kurtoglu, I., & Altinok, I. (2023). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) reared on chicken waste meal, fruit & vegetable waste, and their mixture. *Journal of Insects as Food and Feed*, 9(5), 557-567.
- Zhu, D., Huang, X., Tu, F., Wang, C., & Yang, F. (2020). Preparation, antioxidant activity evaluation, and identification of antioxidant peptide from black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae. *Journal of Food Biochemistry*, 44(5), e13186.
- Zulkifli, N. F. N. M., Seok-Kian, A. Y., Seng, L. L., Mustafa, S., Kim, Y.-S., & Shapawi, R. (2022). Nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae processed by different methods. *Plos one*, 17(2).