

Efek *Temperature Humidity Index* terhadap Konsumsi Air Minum Ayam Petelur dengan Pemberian Nanoenkapsulasi Fitobiotik Minyak Buah Merah

Okti Widayati*, Gallusia Marhaeny Nur Isty, Hotmauli Febriana Pardosi, Miranda, Maria Anggelina Bano

Program Studi Penyuluhan Peternakan dan Kesejahteraan Hewan, Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari

*Email Koresponding: widayatiokti@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh *Temperature Humidity Index* (THI) terhadap konsumsi air minum ayam petelur yang diberikan enkapsulasi fitobiotik minyak buah merah (*Pandanus conoideus* Lam.). Penelitian dilakukan dengan mengamati suhu lingkungan, kelembapan relatif, nilai THI, dan konsumsi air minum harian. Hubungan antara THI, suhu, kelembapan, dan konsumsi air minum dianalisis menggunakan uji korelasi Pearson. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai THI selama periode pemeliharaan masih berada pada kisaran yang dapat ditoleransi oleh ayam petelur. Analisis statistik menunjukkan bahwa THI, suhu, dan kelembapan tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap konsumsi air minum. Meskipun terjadi fluktuasi kondisi lingkungan selama penelitian, konsumsi air minum ayam tetap stabil. Hasil ini mengindikasikan bahwa pemberian enkapsulasi fitobiotik minyak buah merah berpotensi membantu mempertahankan stabilitas fisiologis ayam petelur sehingga mampu beradaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Kata kunci: Ayam Petelur, *Temperature Humidity Index* (THI), Konsumsi Air Minum, Enkapsulasi Fitobiotik, Minyak Buah Merah

Abstract

This study aimed to analyze the effect of the Temperature Humidity Index (THI) on the drinking water intake of laying hens supplemented with encapsulated red fruit (Pandanus conoideus Lam.) phytochemicals. Environmental temperature, relative humidity, THI values, and daily drinking water intake were recorded, and their relationships were analyzed using Pearson correlation. The results showed that THI remained within the tolerance range of laying hens throughout the study. Statistical analysis indicated that THI, temperature, and relative humidity had no significant effect ($P>0.05$) on drinking water intake. Although environmental conditions fluctuated during the experiment, water consumption remained stable. These findings suggest that encapsulated red fruit phytochemicals may help maintain the physiological stability of laying hens, enabling them to adapt to changes in environmental conditions.

Keywords: Laying Hens, *Temperature Humidity Index* (THI), Drinking Water Intake, Encapsulated Phytochemicals; Red Fruit Oil

PENDAHULUAN

Ayam petelur merupakan salah satu komoditas unggas yang berperan penting dalam penyediaan protein hewani melalui produksi telur. Keberhasilan usaha ayam petelur dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain genetik, nutrisi, manajemen pemeliharaan, dan kondisi lingkungan. Di wilayah tropis seperti Indonesia, suhu lingkungan yang tinggi disertai kelembapan relatif yang tinggi sering menjadi kendala dalam pemeliharaan ayam petelur karena dapat menyebabkan cekaman panas (*heat stress*). Cekaman panas merupakan salah satu faktor lingkungan yang paling berpengaruh terhadap performa unggas karena dapat menurunkan produktivitas, mengganggu keseimbangan fisiologis, serta memengaruhi kesehatan dan kesejahteraan ternak (Lara & Rostagno, 2013; Kim & Lee, 2023).

Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi tingkat cekaman panas pada unggas adalah *Temperature Humidity Index* (THI). THI merupakan indeks yang mengombinasikan suhu dan kelembapan udara untuk menggambarkan tingkat kenyamanan termal yang dialami ternak. Penggunaan THI dinilai lebih akurat dibandingkan pengukuran suhu atau kelembapan secara terpisah karena kedua faktor tersebut saling berinteraksi dalam memengaruhi respons fisiologis unggas (Ayo *et al.*, 2011). Peningkatan nilai THI telah dilaporkan berhubungan dengan peningkatan beban panas tubuh, perubahan perilaku, penurunan konsumsi pakan, serta penurunan performa produksi pada ayam petelur (Lara & Rostagno, 2013; Kim & Lee, 2023).

Air merupakan nutrisi esensial yang memiliki peran penting dalam berbagai proses fisiologis tubuh unggas, termasuk transportasi nutrisi, regulasi suhu tubuh, proses metabolisme, dan pembentukan telur. Konsumsi air minum sering digunakan sebagai indikator adaptasi ayam terhadap perubahan kondisi lingkungan. Ketika suhu lingkungan meningkat, ayam akan meningkatkan konsumsi air minum dan frekuensi panting sebagai upaya mempertahankan suhu tubuh dalam kisaran normal (Lin *et al.*, 2006). Menurut Leeson dan Summers (2001), konsumsi air minum ayam petelur dapat meningkat hingga dua kali lipat ketika suhu lingkungan melebihi zona nyaman. Namun demikian, hubungan antara suhu, kelembapan, THI, dan konsumsi air minum tidak selalu konsisten karena dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti umur, strain, manajemen pemeliharaan, dan status fisiologis ayam (Abdel-Moneim *et al.*, 2021).

Upaya untuk meminimalkan dampak negatif cekaman panas pada unggas terus dikembangkan, salah satunya melalui pendekatan nutrisi menggunakan fitobiotik.

Fitobiotik merupakan bahan tambahan pakan yang berasal dari tanaman dan mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, fenol, terpenoid, dan antioksidan alami yang berfungsi meningkatkan kesehatan dan performa ternak (Windisch *et al.*, 2008). Penggunaan fitobiotik pada unggas dilaporkan mampu meningkatkan efisiensi pakan, memperbaiki status antioksidan, meningkatkan sistem imun, serta membantu ternak beradaptasi terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan (Oni *et al.*, 2024).

Salah satu sumber fitobiotik lokal yang memiliki potensi besar adalah minyak buah merah (*Pandanus conoideus* Lam.). Buah merah merupakan tanaman endemik Indonesia yang mengandung β -karoten, tokoferol, asam oleat, asam linoleat, dan berbagai senyawa antioksidan yang berperan dalam menangkal radikal bebas serta mengurangi stres oksidatif (Budi & Paimin, 2005). Stres oksidatif merupakan salah satu dampak fisiologis utama yang muncul selama cekaman panas sehingga suplementasi antioksidan alami seperti minyak buah merah berpotensi membantu mempertahankan kondisi fisiologis ayam petelur (Mangan & Siwek, 2024).

Meskipun demikian, senyawa bioaktif dalam minyak buah merah relatif mudah mengalami degradasi akibat paparan oksigen, cahaya, suhu, maupun proses pencernaan. Oleh karena itu, teknologi enkapsulasi dikembangkan untuk melindungi senyawa aktif tersebut sehingga stabilitas dan bioavailabilitasnya dapat ditingkatkan. Enkapsulasi memungkinkan pelepasan senyawa aktif secara bertahap di dalam saluran pencernaan sehingga efektivitas fitobiotik dapat dipertahankan lebih lama dibandingkan bentuk tanpa enkapsulasi (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Dengan meningkatnya efektivitas fitobiotik, ayam diharapkan memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap perubahan kondisi lingkungan, termasuk fluktuasi suhu dan kelembapan.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa peningkatan THI umumnya diikuti oleh peningkatan konsumsi air minum sebagai respons termoregulasi unggas terhadap cekaman panas (Lin *et al.*, 2006; Abdel-Moneim *et al.*, 2021). Akan tetapi, hasil penelitian lain menunjukkan bahwa hubungan tersebut tidak selalu signifikan apabila kondisi lingkungan masih berada dalam batas toleransi fisiologis ayam atau ketika ayam memperoleh suplementasi nutrisi yang mampu membantu mempertahankan homeostasis tubuh (Kim & Lee, 2023). Oleh karena itu, evaluasi hubungan antara THI dan konsumsi air minum pada ayam petelur yang mendapatkan suplementasi enkapsulasi fitobiotik minyak buah merah menjadi penting untuk dilakukan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek *Temperature Humidity Index* (THI) terhadap konsumsi air minum ayam petelur yang diberikan enkapsulasi fitobiotik minyak buah merah. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai respons konsumsi air minum ayam petelur terhadap perubahan kondisi mikroklimat kandang serta potensi penggunaan enkapsulasi fitobiotik minyak buah merah dalam mendukung adaptasi ayam petelur pada lingkungan tropis.

METODE

Penelitian dilaksanakan di Kampus II Polbangtan Manokwari pada bulan Maret – Desember 2025. Alat penelitian yang digunakan meliputi beaker glass, timbangan analitik, magnetic stirrer, label, termohighrometer, kandang dan perlengkapannya. Bahan penelitian yang digunakan meliputi buah merah, etanol 96%, kitosan, Sodium Tripolyphosphate (STPP), asam asetat, 60 ekor ayam petelur ISA Brown Lite komersial berusia 16 minggu jenis kelamin betina dan pakan.

Proses Nanoenkapsulasi. Proses nanoenkapsulasi menggunakan metode gelasi ionik dengan mencampurkan 2% ekstrak ampas buah merah (hasil ekstrak buah merah dengan 96% etanol): 0,625% kitosan (kitosan yang telah dilarutkan dalam 2,50% asam asetat, diaduk dengan menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit): 0,75% STPP (yaitu 0,75% STPP yang telah dilarutkan dengan aquades dan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit). Perbandingan larutan nanoenkapsulasi sebagai fitobiotik yaitu ekstrak ampas buah merah, kitosan dan STPP (0,50:1,00:0,02) (Sundari, 2014).

Pemeliharaan Ayam. Secara keseluruhan, 60 ekor ayam petelur Lohmann Brown komersial berusia 16 minggu dengan berat badan seragam dimasukkan ke dalam 4 kelompok yang sama, direplikasi 5 kali dengan 3 ekor ayam per replikasi. Ayam dipelihara dalam kandang dengan kepadatan 455 cm² per ekor, dengan dimensi 39 cm × 35 cm × 40 cm. Setiap kandang disediakan tempat untuk pakan dan air. Ayam petelur dikelola mengikuti anjuran yang diuraikan dalam Buku Pegangan Manajemen ISA Brown (ISA Hendrix Genetics, 2018). Suhu kandang dan kelembaban udara diukur tiga kali sehari (pukul 06.00 pagi, 12.00 siang, dan 18.00 sore). Semua ayam diberi paparan cahaya selama 16 jam dan 8 jam kegelapan, sedangkan tingkat pencahayaan adalah 15 lux. Pakan diletakkan di depan setiap kandang, sedangkan air diberikan secara terus-menerus melalui tempat minum. Pakan dan air diberikan sepuasnya.

Ayam petelur dalam kelompok kontrol diberi air minum tanpa aditif fitobiotik (T0). Tiga kelompok sisanya diberi air minum dengan tambahan 1% minyak buah merah (T1), 2% minyak buah merah (T2), 3% minyak buah merah (T3). Kebutuhan pakan diberikan sesuai kebutuhan nutrisi ayam petelur, mengikuti standar yang diuraikan dalam *Isa Brown Management Handbook* (ISA, 2023). Perlakuan yang diberikan adalah:

T0 = air minum tanpa aditif (kontrol negatif)

T1 = air minum + 1 % nanoenkapsulasi bioaktif minyak buah merah

T2 = air minum + 2 % nanoenkapsulasi bioaktif minyak buah merah

T3 = air minum + 3 % nanoenkapsulasi bioaktif minyak buah merah

Konsumsi air minum diperoleh dengan menghitung jumlah air minum yang diberikan dan dikurangi dengan sisa air minum. Perhitungan konsumsi air dilakukan setiap hari (ml/ekor).

Analisis data. Data suhu, kelembaban, THI, dan konsumsi air minum dianalisis menggunakan uji Korelasi Pearson menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistics 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis korelasi dilakukan untuk mengevaluasi hubungan antara *Temperature Humidity Index* (THI) sebagai indikator cekaman panas lingkungan dengan konsumsi air minum ayam petelur yang diberikan nanoenkapsulasi fitobiotik minyak buah merah. Nilai rata-rata variabel lingkungan dan hasil korelasi THI terhadap konsumsi air minum pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Korelasi Nilai *Temperature Humidity Index* (THI) dengan Konsumsi Air Minum Ayam Petelur yang Diberikan Fitobiotik Nanoenkapsulasi Minyak Buah Merah

Variabel pengamatan	Rata-rata	Korelasi THI terhadap-	
		Koefisien korelasi	Sig.
Suhu (°C)	28.05±1.13	0.98	0.00
Kelembaban (%)	85.12±3.48	-0.69	0.00
THI (%)	27.16±0.95	-	-
Konsumsi air minum (P0) (ml/ekor/hari)	185.76±13.99	0.30	0.11
Konsumsi air minum (P1) (ml/ekor/hari)	177.75±18.10	-0.01	0.98
Konsumsi air minum (P2) (ml/ekor/hari)	192.09±7.11	0.09	0.63
Konsumsi air minum (P3) (ml/ekor/hari)	188.81±12.19	0.13	0.51

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu lingkungan memiliki korelasi positif yang sangat kuat terhadap nilai THI ($r = 0,98$; $P < 0,01$), sedangkan kelembaban relatif memiliki korelasi negatif yang kuat ($r = -0,69$; $P < 0,01$). Hal ini menunjukkan bahwa variasi nilai THI selama penelitian lebih dominan dipengaruhi oleh perubahan suhu dibandingkan oleh kelembaban udara. *Temperature Humidity Index* merupakan indikator yang mengintegrasikan pengaruh suhu dan kelembaban untuk menggambarkan tingkat cekaman panas yang dialami ternak. Pada unggas, peningkatan THI berkaitan dengan meningkatnya beban panas tubuh yang dapat mengganggu keseimbangan fisiologis dan produktivitas (Kim *et al.*, 2024).

Meskipun demikian, peningkatan THI pada penelitian ini tidak diikuti oleh peningkatan konsumsi air minum yang signifikan. Nilai koefisien korelasi antara THI dan konsumsi air minum pada seluruh perlakuan berada pada kategori sangat rendah hingga rendah ($r = -0,01$ sampai $0,30$) dengan nilai signifikansi lebih besar dari $0,05$. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa perubahan THI yang terjadi selama penelitian belum mampu memengaruhi respons konsumsi air minum ayam petelur secara nyata.

Secara fisiologis, konsumsi air minum merupakan salah satu mekanisme adaptasi utama ayam terhadap peningkatan suhu lingkungan. Ketika terjadi cekaman panas, ayam akan meningkatkan frekuensi panting untuk mempercepat pelepasan panas melalui evaporasi. Aktivitas tersebut menyebabkan peningkatan kehilangan air tubuh sehingga kebutuhan air minum meningkat untuk mempertahankan keseimbangan cairan dan elektrolit tubuh (Mack *et al.*, 2013). Namun, respons tersebut umumnya terjadi ketika suhu lingkungan berada di atas zona termoneutral dan menghasilkan tingkat cekaman panas yang cukup tinggi.

Nilai THI rata-rata sebesar $27,16 \pm 0,95$ pada penelitian ini diduga masih berada dalam kisaran yang dapat ditoleransi oleh ayam petelur sehingga mekanisme homeostasis tubuh masih mampu bekerja secara optimal. Kondisi ini menyebabkan ayam tidak perlu meningkatkan konsumsi air minum secara signifikan sebagai respons terhadap perubahan lingkungan. Menurut Habashy *et al.* (2024), tingkat cekaman panas yang ringan hingga sedang sering kali belum cukup untuk menghasilkan perubahan nyata pada konsumsi air minum apabila ayam masih mampu mempertahankan suhu tubuh melalui mekanisme termoregulasi normal.

Selain faktor lingkungan, pemberian nanoenkapsulasi fitobiotik minyak buah merah diduga turut berkontribusi dalam mempertahankan stabilitas fisiologis ayam petelur.

Minyak buah merah (*Pandanus conoideus*) diketahui kaya akan β -karoten, tokoferol, asam lemak tidak jenuh, dan senyawa fenolik yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi. Senyawa-senyawa tersebut berperan dalam menangkal radikal bebas yang meningkat selama kondisi stres, termasuk cekaman panas (Budi *et al.*, 2020). Pada kondisi *heat stress*, peningkatan produksi *reactive oxygen species* (ROS) dapat menyebabkan kerusakan sel, gangguan metabolisme, dan penurunan performa produksi. Oleh karena itu, keberadaan antioksidan dalam fitobiotik berpotensi membantu menjaga integritas sel dan fungsi fisiologis tubuh unggas.

Teknologi nanoenkapsulasi yang digunakan pada penelitian ini kemungkinan meningkatkan efektivitas senyawa bioaktif minyak buah merah. Nanoenkapsulasi mampu melindungi senyawa aktif dari degradasi selama proses pencernaan serta meningkatkan pelepasan dan absorpsi senyawa tersebut di dalam saluran pencernaan. Dengan demikian, bioavailabilitas komponen antioksidan menjadi lebih tinggi dibandingkan bentuk konvensional (Nile & Park, 2021). Peningkatan ketersediaan biologis ini diduga membantu ayam mempertahankan keseimbangan metabolisme dan mengurangi dampak fisiologis akibat fluktuasi suhu lingkungan.

Menariknya, nilai korelasi THI terhadap konsumsi air minum pada kelompok yang memperoleh fitobiotik nanoenkapsulasi (P1, P2, dan P3) cenderung lebih rendah dibandingkan kontrol. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa perubahan lingkungan memiliki pengaruh yang lebih kecil terhadap perilaku konsumsi air minum pada ayam yang menerima suplementasi fitobiotik. Fenomena ini dapat menjadi indikasi adanya peningkatan kapasitas adaptasi fisiologis yang menyebabkan kebutuhan air untuk proses termoregulasi relatif lebih stabil. Hasil serupa dilaporkan oleh Abdelli *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa suplementasi fitogenik mampu memperbaiki status antioksidan, mengurangi stres oksidatif, dan meningkatkan toleransi unggas terhadap cekaman panas.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun suhu dan kelembaban berkontribusi nyata terhadap pembentukan nilai THI, peningkatan THI yang terjadi selama penelitian belum cukup kuat untuk memengaruhi konsumsi air minum ayam petelur secara signifikan. Selain itu, pemberian nanoenkapsulasi fitobiotik minyak buah merah diduga membantu menjaga homeostasis fisiologis melalui aktivitas antioksidan yang dimilikinya sehingga respons konsumsi air minum terhadap perubahan lingkungan menjadi lebih stabil. Temuan ini menunjukkan potensi nanoenkapsulasi fitobiotik minyak buah merah sebagai salah satu strategi nutrisi untuk membantu ayam petelur beradaptasi

terhadap fluktuasi kondisi lingkungan tropis. Dengan demikian, tidak signifikkannya korelasi antara THI dan konsumsi air minum menunjukkan bahwa fluktuasi kondisi mikroklimat selama penelitian belum mencapai tingkat cekaman panas yang mampu memicu perubahan perilaku konsumsi air minum. Selain itu, suplementasi nanoenkapsulasi fitobiotik minyak buah merah diduga berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan adaptasi fisiologis ayam petelur terhadap perubahan lingkungan melalui mekanisme antioksidan dan perlindungan terhadap stres oksidatif.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara THI, suhu, maupun kelembapan terhadap konsumsi air minum ayam petelur yang diberikan enkapsulasi fitobiotik minyak buah merah. Pemberian enkapsulasi fitobiotik minyak buah merah berpotensi membantu menjaga stabilitas respons fisiologis ayam petelur terhadap perubahan kondisi lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari atas dukungan fasilitas dan sarana penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim laboratorium, teknisi kandang, serta seluruh pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian dan pengumpulan data. Penelitian ini didukung oleh Hibah Penelitian DIPA Tahun 2025 Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari Kementerian Pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelli, N., Solà-Oriol, D., Pérez, J. F., & Guinea, D. (2021). Phytogetic feed additives in poultry: Achievements, prospective and challenges. *Animals*, 11(12), 3471. <https://doi.org/10.3390/ani11123471>
- Abdel-Moneim, A. E., Shehata, A. M., Khidr, R. E., Paswan, V. K., Ibrahim, N. S., El-Ghoul, A. A., *et al.* (2021). Nutritional manipulation to combat heat stress in poultry: A comprehensive review. *Journal of Thermal Biology*, 98, 102915.
- Ayo, J. O., Obidi, J. A., & Rekwot, P. I. (2011). Effects of heat stress on the well-being, fertility and hatchability of chickens in the northern Guinea Savannah zone of Nigeria: A review. *ISRN Veterinary Science*, 2011, 1–10.
- Budi, I. M., & Paimin, F. R. (2005). *Buah Merah*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Budi, I. M., Saragih, H. T., & Wihandoyo. (2020). Phytochemical compounds and antioxidant activity of red fruit (*Pandanus conoideus*) and its potential application

- in animal production. *Biodiversitas*, 21(11), 5333–5340. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211147>
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107–1121.
- Habashy, W. S., Milfort, M. C., Fuller, A. L., & Rekaya, R. (2024). Heat stress in laying hens: Physiological responses and mitigation strategies. *Animals*, 14(3), 487. <https://doi.org/10.3390/ani14030487>
- ISA Hendrix Genetics. (2018). *ISA Brown commercial management guide: Nutrition and management recommendations for commercial layers*. Hendrix Genetics B.V.
- Kim, D. H., & Lee, K. W. (2023). An update on heat stress in laying hens. *World's Poultry Science Journal*, 79(4), 689–712.
- Kim, H. R., Ryu, C., Lee, S. D., Cho, J. H., & Kang, H. (2024). Effects of heat stress on laying performance, egg quality, and physiological responses in laying hens. *Animals*, 14(7), 1076. <https://doi.org/10.3390/ani14071076>
- Lara, L. J., & Rostagno, M. H. (2013). Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, 3(2), 356–369.
- Leeson, S., & Summers, J. D. (2001). *Nutrition of the Chicken* (4th ed.). Guelph, Ontario: University Books.
- Lin, H., Jiao, H. C., Buyse, J., & Decuypere, E. (2006). Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 62(1), 71–86.
- Mack, L. A., Felver-Gant, J. N., Dennis, R. L., & Cheng, H. W. (2013). Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poultry Science*, 92(2), 285–294. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02589>
- Mangan, M., & Siwek, M. (2024). Strategies to combat heat stress in poultry production. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 108(3), 576–595.
- Nile, S. H., & Park, S. W. (2021). Nanoencapsulation technologies for improving stability and bioavailability of phytochemical compounds. *Food Chemistry*, 348, 129090. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129090>
- Oni, A. I., Adeleye, O. O., Adebawale, T. O., & Oke, O. E. (2024). The role of phytochemical feed additives in stress mitigation in broiler chickens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 108, 81–98.
- Sundari, S., Zuprizal, Z., Yuwanta, T., & Martien, R. (2014). The effect nanocapsule of turmeric extracts in rations on nutrient digestibility of broiler chickens. *Animal Production*, 16(2), 107–113.

Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86(Suppl. 14), E140–E148.