

PENGARUH PENGGUNAAN TELUR AYAM DAN TELUR BEBEK TERHADAP KARAKTERISTIK KIMIA KERUPUK TELUR BERBASIS TAPIOKA*Effect of Chicken and Duck Egg Use on Chemical Characteristics of Tapioca-Based Crackers***Aprilia Paramita Pratiwi¹, Ludfia Windyasmara²**^{1,2} Program Studi Peternakan, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo, IndonesiaKorespondensi Author: ludfiawindyasmara@gmail.com**ABSTRAK**

Kerupuk merupakan produk pangan berbasis pati yang karakteristik kimianya dapat dipengaruhi oleh bahan tambahan, termasuk jenis telur. Perbedaan komposisi dan sifat fungsional telur ayam dan telur bebek berpotensi menghasilkan karakteristik kimia kerupuk yang berbeda. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penggunaan telur ayam (*Gallus gallus domesticus*) dan telur bebek (*Anas platyrhynchos domesticus*) terhadap kadar air, nilai pH, dan gula reduksi kerupuk berbasis tapioka. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan satu faktor perlakuan berupa jenis telur, yaitu telur ayam dan telur bebek, dengan masing-masing perlakuan terdiri atas 10 ulangan. Kadar air dianalisis secara gravimetri, nilai pH menggunakan pH meter, dan gula reduksi menggunakan metode Nelson–Somogyi. Data dianalisis menggunakan *Independent Samples t-test* dan uji Mann–Whitney sesuai hasil uji prasyarat. Hasil penelitian menunjukkan kadar air kerupuk telur ayam sebesar $4,13 \pm 0,26\%$ dan telur bebek sebesar $3,65 \pm 0,34\%$ ($p = 0,002$). Nilai pH telur ayam sebesar $7,30 \pm 0,02$ dan telur bebek sebesar $7,04 \pm 0,01$ ($p < 0,001$). Gula reduksi telur ayam sebesar $0,53 \pm 0,03\%$ dan telur bebek sebesar $0,44 \pm 0,03\%$ ($p < 0,001$). Penggunaan jenis telur berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter karakteristik kimia kerupuk berbasis tapioka.

Kata kunci: Telur Ayam, Telur Bebek, Kerupuk Tapioka, Kadar Air, Ph, Gula Reduksi

ABSTRACT

Crackers are starch-based food products whose chemical characteristics can be influenced by the ingredients used, including egg type. Differences in the composition and functional properties of chicken and duck eggs may result in different chemical characteristics of the crackers. This study aimed to analyze the effects of using chicken eggs (*Gallus gallus domesticus*) and duck eggs (*Anas platyrhynchos domesticus*) on the moisture content, pH, and reducing sugar content of tapioca-based crackers. The study employed an experimental method with egg type as a single treatment factor, consisting of chicken eggs and duck eggs, with 10 replications for each treatment. Moisture content was determined gravimetrically, pH was measured using a pH meter, and reducing sugar content was determined using the Nelson–Somogyi method. Data were analyzed using an *Independent Samples t-test* and the Mann–Whitney test according to the results of the prerequisite tests. The results showed that the moisture content of chicken egg crackers was $4.13 \pm 0.26\%$, while that of duck egg crackers was $3.65 \pm 0.34\%$ ($p = 0.002$). The pH values were 7.30 ± 0.02 for chicken egg crackers and 7.04 ± 0.01 for duck egg crackers ($p < 0.001$). Reducing sugar content was 0.53 ± 0.03 and 0.44 ± 0.03 for chicken and duck egg crackers, respectively ($p < 0.001$). The use of different egg types significantly affected all evaluated chemical characteristics of tapioca-based crackers.

Keywords: chicken egg, duck egg, tapioca crackers, moisture content, pH, reducing sugar

PENDAHULUAN

Kerupuk merupakan salah satu produk pangan yang banyak dikonsumsi masyarakat

Indonesia sebagai makanan pendamping maupun makanan ringan. Tepung tapioka banyak digunakan sebagai bahan utama karena kandungan patinya berperan dalam pembentukan struktur kerupuk.

Pengaruh Penggunaan Telur Ayam Dan Telur Bebek Terhadap Karakteristik Kimia Kerupuk Telur Berbasis Tapioka

Selama pengolahan, pati mengalami gelatinisasi akibat interaksi dengan air dan panas yang menyebabkan pembengkakan granula serta perubahan struktur pati. Perubahan tersebut berperan dalam pembentukan matriks adonan dan karakteristik produk akhir (Chamorro et al., 2025). Selain gelatinisasi, pati juga dapat mengalami pemecahan menjadi senyawa karbohidrat yang lebih sederhana, termasuk gula reduksi seperti glukosa dan maltosa (Hargono et al., 2017).

Telur dapat ditambahkan dalam formulasi kerupuk karena mengandung protein, lipid, air, mineral, dan komponen fungsional yang dapat memengaruhi karakteristik produk. Komposisi telur ayam dan telur bebek memiliki perbedaan, terutama pada kandungan air, protein, dan lemak. Perbedaan tersebut juga berkaitan dengan sifat fungsional protein albumen. Albumen telur bebek memiliki kemampuan pembentukan gel yang lebih kuat, sedangkan albumen telur ayam memiliki kemampuan ekspansi busa yang lebih tinggi (Chaiyasit et al., 2019). Protein telur yang mengalami pemanasan dapat mengalami denaturasi dan agregasi sehingga membentuk jaringan yang dapat berinteraksi dengan air dan komponen lain dalam matriks pangan (Razi et al., 2023). Kondisi tersebut berpotensi menghasilkan karakteristik kimia kerupuk yang berbeda berdasarkan jenis telur yang digunakan.

Kadar air, pH, dan gula reduksi merupakan beberapa parameter yang dapat digunakan untuk menggambarkan karakteristik kimia kerupuk. Kadar air berkaitan dengan kemampuan bahan mempertahankan air serta proses pengeringan dan penggorengan. Sementara itu, nilai pH dapat dipengaruhi oleh karakteristik bahan penyusun dan perubahan kimia selama pengolahan. Albumen telur memiliki karakteristik pH yang cenderung basa dan dapat mengalami perubahan selama penyimpanan, terutama akibat perubahan keseimbangan gas dalam telur (Quan & Benjakul, 2019). Gula reduksi terutama berkaitan dengan perubahan pati selama pengolahan, sedangkan keberadaannya juga berpotensi berinteraksi dengan gugus amino protein telur melalui reaksi Maillard selama pemanasan (Qi et al., 2025).

Penelitian mengenai pemanfaatan telur dalam pembuatan kerupuk telah dilakukan dengan berbagai pendekatan. Octarisa et al. (2013) mengkaji penggunaan telur asin pada kerupuk

berbasis tapioka melalui variasi perbandingan tepung tapioka dan telur asin serta lama pengukusan. Sementara itu, Wardana et al. (2026) mengembangkan kerupuk dengan substitusi *egg white powder* sebagai sumber protein dan mengevaluasi karakteristik fisikokimia produk. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan telur, baik dalam bentuk telur asin maupun putih telur, dapat memengaruhi karakteristik kerupuk. Namun, penelitian yang secara khusus membandingkan penggunaan telur ayam dan telur bebek utuh pada kerupuk berbasis tapioka, khususnya terhadap karakteristik kimia yang meliputi kadar air, pH, dan gula reduksi, masih terbatas. Oleh karena itu, diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengetahui perbedaan karakteristik kimia kerupuk berbasis tapioka yang dihasilkan menggunakan jenis telur yang berbeda.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan telur ayam (*Gallus gallus domesticus*) dan telur bebek (*Anas platyrhynchos domesticus*) terhadap karakteristik kimia kerupuk berbasis tapioka, meliputi kadar air, pH, dan gula reduksi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai perbedaan karakteristik kimia kerupuk berdasarkan jenis telur yang digunakan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang menggunakan satu faktor perlakuan, yaitu jenis telur, yang terdiri atas telur ayam (*Gallus gallus domesticus*) dan telur bebek (*Anas platyrhynchos domesticus*). Masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak 10 ulangan sehingga diperoleh 20 satuan percobaan. Setiap ulangan merupakan satu batch adonan yang dibuat secara terpisah dan independen, sehingga pengamatan pada masing-masing ulangan berasal dari batch produksi yang berbeda. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2026. Proses pembuatan kerupuk dilakukan di rumah peneliti, sedangkan analisis karakteristik kimia dilakukan di Laboratorium Kimia, Biokimia dan Mikrobiologi Fakultas Pertanian Universitas Veteran Bangun Nusantara Sukoharjo.

Berikut ditampilkan formulasi pembuatan kerupuk telur pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi bahan pembuatan kerupuk berbasis tapioka

Bahan	Perlakuan telur ayam	Perlakuan telur bebek
Tepung tapioka	100 g	100 g
Telur utuh	1 butir	1 butir
Bawang putih	5 g	5 g
Garam	5 g	5 g
Air	150 mL	150 mL

Sumber: Chaiyasit, et al., 2019 dengan modifikasi.

Bahan yang digunakan terdiri atas tepung tapioka, telur utuh, bawang putih, garam dan air. Masing-masing perlakuan menggunakan satu butir telur utuh pada setiap batch produksi. Tepung tapioka, bawang putih, dan garam dicampurkan hingga homogen. Telur utuh kemudian ditambahkan sesuai perlakuan dan adonan diuleni hingga tercampur merata. Air ditambahkan secara bertahap sambil dilakukan pengulenan hingga diperoleh adonan yang homogen, tidak lengket, dan dapat dibentuk. Adonan selanjutnya dibentuk menjadi silinder dengan diameter yang seragam, kemudian dikukus pada suhu 100°C selama 30 menit hingga adonan matang. Setelah pengukusan, adonan didinginkan pada suhu ruang selama 24 jam hingga teksturnya mengeras dan mudah diiris. Adonan yang telah mengeras kemudian diiris dengan ketebalan ± 2 mm. Irisan kerupuk selanjutnya dikeringkan menggunakan oven pada suhu 70°C selama 4 jam hingga diperoleh kerupuk kering. Kerupuk kering kemudian digoreng menggunakan minyak pada suhu 180°C selama ± 1 menit hingga mengembang. Kerupuk yang telah digoreng didinginkan pada suhu ruang sebelum digunakan sebagai sampel analisis. Produk kerupuk matang yang telah dihasilkan selanjutnya digunakan sebagai sampel untuk analisis karakteristik kimia.

Kadar air dianalisis menggunakan metode gravimetri dengan pengeringan oven pada suhu 105°C hingga diperoleh bobot konstan. Sampel ditimbang sebanyak ± 2 –5 g, kemudian dikeringkan dan ditimbang kembali setelah didinginkan dalam desikator. Kadar air dihitung berdasarkan persentase kehilangan bobot sampel selama proses pengeringan dengan mengacu pada metode AOAC

(AOAC International, 2023). Nilai pH ditentukan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi dengan larutan buffer standar. Sampel sebanyak ± 5 g dihomogenkan dengan 45 mL akuades menggunakan perbandingan 1:9 (b/v), kemudian nilai pH diukur setelah pembacaan alat stabil. Analisis gula reduksi dilakukan menggunakan metode Nelson–Somogyi dengan prinsip reduksi ion tembaga(II) oleh gula reduksi dan pembentukan warna dengan pereaksi arsenomolibdat. Ekstrak sampel direaksikan dengan pereaksi Nelson dan arsenomolibdat, kemudian absorbansinya diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang sekitar 520 nm. Konsentrasi gula reduksi ditentukan berdasarkan kurva standar glukosa dan dinyatakan sebagai %mg glukosa ekuivalen/g sampel atau dalam satuan yang digunakan pada hasil penelitian.

Data hasil pengukuran kadar air, pH, dan gula reduksi dianalisis menggunakan IBM SPSS Statistics. Uji normalitas dilakukan menggunakan Shapiro–Wilk, sedangkan homogenitas varians diuji menggunakan Levene. Data yang memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas selanjutnya dianalisis menggunakan *Independent Sample t-test* pada taraf kepercayaan 95% dengan $\alpha = 0,05$ untuk mengetahui perbedaan karakteristik kimia antara kerupuk yang menggunakan telur ayam dan telur bebek. Apabila data tidak memenuhi asumsi analisis parametrik, digunakan uji Mann–Whitney sesuai dengan hasil uji prasyarat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik kimia kerupuk berbasis tapioka yang dibuat menggunakan telur ayam (*Gallus gallus domesticus*) dan telur bebek (*Anas platyrhynchos domesticus*) dievaluasi berdasarkan parameter kadar air, pH, dan gula reduksi. Rata-rata nilai masing-masing parameter beserta hasil analisis *Independent Samples t-test* disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan karakteristik kimia kerupuk berdasarkan jenis telur yang digunakan. Perbedaan tersebut selanjutnya dibahas berdasarkan karakteristik masing-masing parameter serta pengaruh komposisi dan sifat fungsional telur terhadap perubahan kimia selama proses pengolahan.

Tabel 2. Karakteristik kimia kerupuk telur berbasis tapioka dengan penggunaan telur ayam dan telur bebek

Parameter	Telur Ayam	Telur Bebek	<i>p value</i>
Kadar Air	4,13 ± 0,26	3,65 ± 0,34	0,002
Nilai pH	7,30 ± 0,02	7,04 ± 0,01	<0,001
Gula Reduksi	0,53 ± 0,03	0,44 ± 0,03	<0,001

Keterangan: Nilai merupakan rata-rata ± standar deviasi ($n = 10$). $p < 0,05$ menunjukkan adanya perbedaan nyata antarperlakuan. Analisis kadar air dan nilai pH dilakukan menggunakan *Independent Samples t-test*, sedangkan gula reduksi dianalisis menggunakan uji Mann-Whitney.

Kadar Air

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air kerupuk dengan penggunaan telur ayam ($4,13 \pm 0,26\%$) lebih tinggi dibandingkan dengan kerupuk yang menggunakan telur bebek ($3,65 \pm 0,34\%$). Perbedaan tersebut diduga berkaitan dengan karakteristik fungsional protein albumen dari kedua jenis telur selama proses pemanasan. Albumen telur bebek diketahui memiliki karakteristik gelasi yang berbeda dibandingkan dengan albumen telur ayam dan dapat membentuk jaringan gel lebih awal selama pemanasan. Perbedaan komposisi dan perilaku agregasi protein tersebut dapat menghasilkan struktur gel dengan karakteristik yang berbeda pada produk akhir. Liu et al. (2026) melaporkan bahwa albumen telur bebek mengalami pembentukan jaringan gel lebih awal dibandingkan albumen telur ayam, sedangkan struktur gel yang terbentuk pada albumen bebek menunjukkan karakteristik jaringan yang lebih lengkap dan kompak pada tahap pemanasan tertentu.

Struktur protein yang lebih kompak selama pemanasan dapat mendukung pelepasan air dari matriks selama proses pengolahan dan pengeringan, sehingga kadar air akhir produk menjadi lebih rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian Yao et al. (2022) yang menunjukkan bahwa peningkatan suhu dan waktu pemanasan pada gel albumen telur bebek menghasilkan struktur agregat yang semakin kompak disertai penurunan kadar air. Dengan demikian, rendahnya kadar air kerupuk dengan telur bebek dalam penelitian ini diduga berkaitan dengan karakteristik pembentukan gel protein albumen bebek yang menghasilkan struktur lebih kompak sehingga air lebih mudah dikeluarkan selama pemanasan dan pengeringan. Namun, mekanisme tersebut masih bersifat dugaan karena karakteristik gel dan distribusi air dalam matriks kerupuk tidak diukur secara langsung dalam penelitian ini.

Perbedaan kadar air antara kedua perlakuan juga menunjukkan bahwa meskipun kedua jenis kerupuk memperoleh perlakuan pengolahan yang sama, karakteristik bahan baku telur dapat berkontribusi terhadap kadar air akhir produk. Oleh karena itu, penggunaan jenis telur perlu dipertimbangkan dalam formulasi kerupuk berbasis tapioka karena dapat memengaruhi karakteristik kimia produk akhir.

Nilai pH

Penggunaan jenis telur memberikan perbedaan yang nyata terhadap nilai pH kerupuk berbasis tapioka ($p < 0,001$). Kerupuk dengan telur ayam memiliki nilai pH sebesar $7,30 \pm 0,02$, sedangkan kerupuk dengan telur bebek memiliki nilai pH sebesar $7,04 \pm 0,01$. Perbedaan nilai pH tersebut diduga berkaitan dengan perbedaan komposisi dan karakteristik fungsional protein albumen pada kedua jenis telur. Albumen telur bebek dan telur ayam memiliki komposisi protein yang berbeda, sehingga dapat menunjukkan karakteristik interaksi dan perubahan selama proses pemanasan yang berbeda.

Quan dan Benjakul (2019) melaporkan bahwa albumen telur bebek memiliki komposisi protein dan sifat fungsional yang berbeda dibandingkan albumen telur ayam, termasuk karakteristik gelasi yang lebih baik. Selain itu, perbedaan spesies unggas juga dapat menyebabkan perbedaan sifat fisikokimia albumen. Dengan demikian, perbedaan nilai pH pada produk akhir dalam penelitian ini diduga berkaitan dengan perbedaan komposisi komponen telur yang digunakan. Namun, mekanisme tersebut belum dapat dipastikan karena pH telur segar dari masing-masing perlakuan tidak diukur secara langsung dalam penelitian ini. Pengukuran pH telur segar pada penelitian selanjutnya diperlukan untuk

mengetahui kontribusi karakteristik awal bahan terhadap nilai pH produk akhir.

Gula Reduksi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan telur ayam menghasilkan kadar gula reduksi yang lebih tinggi dibandingkan telur bebek, yaitu masing-masing sebesar $0,53 \pm 0,03\%$ dan $0,44 \pm 0,03\%$. Perbedaan tersebut dapat berkaitan dengan keberadaan gula sederhana atau karbohidrat yang terdapat pada albumen telur. Albumen diketahui mengandung karbohidrat dalam jumlah tertentu, termasuk glukosa bebas yang dapat berinteraksi dengan protein. García et al. (1983) menunjukkan bahwa albumen telur ayam mengandung karbohidrat dan terdapat glukosa bebas yang dapat berasosiasi dengan protein albumen. Oleh karena itu, perbedaan komposisi albumen antarjenis telur berpotensi berkontribusi terhadap perbedaan kadar gula reduksi pada produk akhir.

Selain sumber gula reduksi, perbedaan kadar air antarperlakuan juga perlu dipertimbangkan dalam menginterpretasikan hasil. Kerupuk dengan telur ayam memiliki kadar air lebih tinggi (4,13%) dibandingkan kerupuk dengan telur bebek (3,65%). Perbedaan kadar air dapat memengaruhi konsentrasi komponen terlarut yang terukur pada produk akhir. Dengan demikian, kadar gula reduksi yang lebih tinggi pada perlakuan telur ayam tidak dapat semata-mata dijelaskan oleh reaksi Maillard. Meskipun pH kerupuk telur ayam lebih tinggi, kadar gula reduksinya juga lebih tinggi, sehingga mekanisme konsumsi gula reduksi akibat reaksi Maillard tidak cukup untuk menjelaskan pola data yang diperoleh dalam penelitian ini.

Perbedaan kadar gula reduksi antara kedua perlakuan dalam penelitian ini dengan demikian diduga merupakan hasil interaksi antara komposisi telur, ketersediaan gula reduksi, dan perubahan kadar air selama proses pengolahan. Interpretasi tersebut masih bersifat dugaan karena kandungan gula reduksi pada telur segar, komposisi karbohidrat albumen kedua jenis telur, dan perubahan gula reduksi selama setiap tahap pengolahan tidak dianalisis secara langsung. Penelitian selanjutnya perlu mengukur kandungan gula reduksi bahan baku sebelum pengolahan serta perubahan gula reduksi selama proses pemanasan

untuk memastikan mekanisme yang mendasari perbedaan tersebut.

KESIMPULAN

Penggunaan jenis telur memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakteristik kimia kerupuk berbasis tapioka. Penggunaan telur ayam menghasilkan kadar air, pH, dan gula reduksi yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan telur bebek. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perbedaan jenis telur dapat memengaruhi karakteristik kimia kerupuk yang dihasilkan.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena pengamatan karakteristik produk hanya mencakup parameter kimia, yaitu kadar air, pH, dan gula reduksi. Selain itu, penggunaan telur ayam dan telur bebek dilakukan dalam jumlah satu butir per batch tanpa penyetaraan berdasarkan bobot telur, sehingga perbedaan massa bahan baku berpotensi turut berkontribusi terhadap perbedaan karakteristik produk. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penyetaraan telur berdasarkan bobot atau komponen telur serta mengevaluasi karakteristik fisik dan sensoris kerupuk, seperti daya kembang, kerenyahan, tekstur, warna, dan tingkat penerimaan konsumen. Pengukuran karakteristik bahan baku, seperti pH dan kadar gula reduksi telur sebelum pengolahan, juga disarankan untuk memperjelas mekanisme yang mendasari perbedaan karakteristik kimia produk.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC International. (2023). *Official methods of analysis of AOAC International* (22nd ed.). AOAC International. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.001.0001>
- Chaiyasit, W., Brannan, R. G., Chareonsuk, D., & Chanasattru, W. (2019). Comparison of physicochemical and functional properties of chicken and duck egg albumens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(1), eRBCA-2017-0705. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2017-0705>

- Chamorro, A. F., Palencia, M., & Lerma, T. A. (2025). Physicochemical characterization and properties of cassava starch: A review. *Polymers*, 17(12), 1663. <https://doi.org/10.3390/polym17121663>
- García, F. J., Pons, A., Alemany, M., & Palou, A. (1983). Permeability of chicken egg vitelline membrane to glucose, carbohydrate gradients between albumen and yolk. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 75(1), 137–140. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(83\)90051-2](https://doi.org/10.1016/0305-0491(83)90051-2)
- Hargono, H., Jos, B., & Kumoro, A. C. (2017). Kinetics of the enzymatic hydrolysis of sweet cassava starch and bitter cassava flour and *Gadung (Dioscorea hispida Dennst)* flour at low temperature. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 12(2), 256–262. <https://doi.org/10.9767/bcrec.12.2.808.256-262>
- Liu, W., Salama, M., Ding, L., Abou-Elsoud, M. M., Li, Z., Yan, Y., Liu, M., & Huang, X. (2026). Multi-scale insights into distinct thermal gelation mechanisms of chicken and duck egg whites: Aggregation kinetics, protein composition, and network properties. *Food Hydrocolloids*, 172, 112162. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.112162>
- Octarisa, R., Santoso, R. S. S., & Sukardi. (2013). Pengaruh perbandingan tepung tapioka dengan telur asin dan lama pengukusan pada pembuatan kerupuk telur terhadap kadar garam dan kesukaan rasa. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(1), 157–162
- Qi, Y., Wang, W., Yang, T., Ding, W., & Xu, B. (2025). Maillard reaction in flour product processing: Mechanism, impact on quality, and mitigation strategies of harmful products. *Foods*, 14(15), 2721. <https://doi.org/10.3390/foods14152721>
- Quan, T. H., & Benjakul, S. (2019). Duck egg albumen: Physicochemical and functional properties as affected by storage and processing. *Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 1104–1115. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03669-x>
- Razi, S. M., Fahim, H., Amirabadi, S., & Rashidinejad, A. (2023). An overview of the functional properties of egg white proteins and their application in the food industry. *Food Hydrocolloids*, 135, 108183. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108183>
- Wardana, A. A., Kaneth, R. H. B. Setiarto, R. Wulandari, L. P. Wigati, F. Tanaka, & F. Tanaka. (2026). Development of protein-source and fat-free Indonesian traditional crackers (kerupuk) through egg white substitution and alternative frying. *Food Science & Nutrition*, 14(3), e71208. <https://doi.org/10.1002/fsn3.71208>
- Yao, K., Guo, W., Yao, Y., Wu, N., Xu, M., Zhao, Y., & Tu, Y. (2022). Properties, digestion and peptide release of heat-induced duck egg white. *LWT - Food Science and Technology*, 154, 112788. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112788>