

KAJIAN TERHADAP HUBUNGAN ANTARA CIRI FIZIKAL SERBUK KOKO ASLI DAN SERBUK KOKO BERALKALI TERHADAP SIFAT KEBOLEHALIRAN DAN KESAN PENGGUNAANNYA DALAM PEMROSESAN MAKANAN

A STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PHYSICAL PROPERTIES OF NATURAL AND ALKALISED COCOA POWDER ON FLOWABILITY CHARACTERISTICS AND THEIR EFFECTS IN FOOD PROCESSING APPLICATIONS

Nor Shazwani Shaari^{1*}
Mohd Azli Takiyudin²,
Muna Nabilah Azhar³

¹ Nor Shazwani Shaari: Kolej Komuniti Arau, Jalan Tengku Budriah, Tambun Tulang, 02600 Arau, Perlis, Malaysia (E-mail: shazwani@staf.kkarau.edu.my)

² Mohd Azli Takiyudin: Kolej Komuniti Arau, Jalan Tengku Budriah, Tambun Tulang, 02600 Arau, Perlis, Malaysia (E-mail: mohdazli@staf.kkarau.edu.my)

³ Muna Nabilah Azhar: Kolej Komuniti Arau, Jalan Tengku Budriah, Tambun Tulang, 02600 Arau, Perlis, Malaysia (E-mail: muna@staf.kkarau.edu.my)

*Corresponding author: shazwani@staf.kkarau.edu.my

Article history

Received date : 15-2-2025
Revised date : 16-2-2025
Accepted date : 24-3-2025
Published date : 15-4-2025

To cite this document:

Shaari, N.S., Takiyudin, M.A., & Azhar, M.N. (2025). Kajian terhadap hubungan antara ciri fizikal serbuk koko asli dan serbuk koko beralkali terhadap sifat kebolehaliran dan kesan penggunaannya dalam pemrosesan makanan. *Jurnal Penyelidikan Sains Sosial (JOSSR)*, 8 (26), 348 - 355.

Abstrak: Serbuk koko merupakan bahan utama dalam pelbagai aplikasi makanan, terutamanya dalam produk bakeri dan konfeksi. Di pasaran, terdapat dua jenis serbuk koko yang biasa digunakan iaitu serbuk koko asli dan serbuk koko beralkali. Kedua-dua jenis serbuk ini mempunyai ciri fizikal dan kimia yang berbeza, yang memberi kesan langsung terhadap keberkesanan dan kualiti hasil makanan yang diproses. Pengguna yang berpengalaman, khususnya dalam kalangan pengusaha makanan, lazimnya dapat membezakan kedua-dua jenis serbuk ini berdasarkan warna, rasa, kelarutan serta tekstur akhir produk makanan. Salah satu aspek penting yang sering diabaikan ialah sifat aliran atau kebolehaliran (flowability) serbuk koko, yang memainkan peranan penting dalam proses pencampuran dan pengisian dalam sistem pemrosesan makanan berskala industri. Kajian ini dijalankan bagi mengenal pasti dan membandingkan sifat fizikal serta sifat aliran antara serbuk koko asli dan serbuk koko beralkali. Selain itu, kajian ini turut menilai kesan perbezaan sifat tersebut terhadap tekstur kek yang dihasilkan, dengan memberi tumpuan terhadap aspek kelembutan dan struktur produk akhir. Serbuk koko yang digunakan dalam kajian ini diperolehi daripada Barry Callebaut Malaysia Sdn. Bhd., yang merupakan salah satu pengeluar koko utama di pasaran tempatan. Analisis fizikal dan reologi serbuk dijalankan termasuk ujian ketumpatan, indeks Carr dan kandungan lembapan. Hasil kajian menunjukkan bahawa kedua-dua jenis serbuk koko mempunyai perbezaan yang tidak terlalu ketara dari segi kebolehaliran, dengan kedua-duanya

tergolong dalam kategori aliran yang lemah. Ciri ini secara langsung mempengaruhi kelancaran operasi pemprosesan serta kualiti tekstur kek. Kajian ini memberikan input penting kepada pengeluar dan pengguna industri makanan dalam pemilihan jenis serbuk koko yang sesuai berdasarkan aplikasi pemprosesan yang dikehendaki

Kata Kunci: serbuk koko, ciri fizikal, kebolehaliran

Abstract: *Text font is Times New Roman, 12 pt size, italic, and justify the alignment. Cocoa powder is a key ingredient in various food applications, particularly in bakery and confectionery products. In the commercial market, two commonly used types of cocoa powder are natural cocoa powder and alkalised cocoa powder. These two variants exhibit distinct physical and chemical properties, which directly influence the efficiency of processing and the quality of the final food products. Experienced users, especially those in the food production industry, can typically distinguish between the two based on colour, flavour, solubility, and the final texture of the food product. One critical aspect that is often overlooked is the flowability of cocoa powder, which plays a significant role in mixing and filling operations in industrial-scale food processing systems. This study aims to identify and compare the physical and flow properties of natural and alkalised cocoa powders. Additionally, it evaluates how these differences affect the textural attributes of cakes produced, with particular focus on softness and structural integrity. The cocoa powder samples used in this study were sourced from Barry Callebaut Malaysia Sdn. Bhd., a leading cocoa manufacturer in the local market. Physical and rheological analyses conducted include bulk density, Carr Index, and moisture content determination. The findings indicate that both types of cocoa powder exhibit poor flowability, with minimal differences between them. These characteristics have a direct impact on processing efficiency and the textural quality of the final cake products. The outcomes of this study provide valuable insights for food manufacturers and industry practitioners in selecting appropriate types of cocoa powder based on specific processing applications.*

Keywords: cocoa powder, physical properties, flowability

Pengenalan

Koko atau nama saintifiknya iaitu *Theobroma cacao* ialah sejenis tanaman tropika yang berasal dari kawasan lembah Amazon dan Orinoco di Amerika Selatan (ICCO, 2022). Sejak abad ke-18, tanaman koko telah menjadi komoditi penting dunia dan menjadi sumber utama ekonomi bagi negara – negara pengeluar koko seperti Côte d'Ivoire, Ghana, dan Nigeria. Di benua Asia, Indonesia mendominasi pengeluaran koko. Di Malaysia, pokok koko banyak ditanam di Sabah dan Sarawak. Malaysia pernah menjadi salah satu pengeluar koko terbesar di dunia tetapi mengalami penurunan atas pelbagai faktor, contohnya perubahan dalam pola penggunaan tanah untuk tujuan pertanian lain (FAO, 2023).

Serbuk koko merupakan salah satu bahan mentah yang sering digunakan dalam industri makanan, khususnya dalam pembuatan produk berasaskan coklat seperti kek, biskut, konfeksi, dan minuman. Selain itu, serbuk koko turut digunakan dalam masakan seperti sos barbeku dan sos berperisa contohnya sos tiram dan sos lada hitam. Terdapat dua jenis utama serbuk koko yang digunakan secara meluas, iaitu serbuk koko asli (*natural cocoa powder*) dan serbuk koko berkalkali (*alkalised cocoa powder*). Serbuk koko berkalkali juga dikenali sebagai serbuk koko *dutch* atau Belanda. Serbuk koko *dutch* ini dihasilkan dengan merendam biji koko dalam larutan alkali yang bertujuan untuk meneutralkan keasidan sekaligus dapat mengurangkan sedikit rasa pahit. kepada Serbuk koko asli berwarna coklat muda dan bersifat lebih berasid dengan pH

antara 5.1 hingga 5.4, manakala serbuk koko beralkali, yang telah menjalani proses pengalkalian, memiliki warna yang lebih gelap dan pH lebih tinggi antara 6.8 hingga 8.1.

Terdapat pelbagai jenama pengeluar serbuk koko di pasaran Malaysia. Setiap jenama mempunyai ciri fizikal yang agak berbeza bergantung kepada formulasi dan kaedah pemprosesan. Pengguna perlu mengetahui ciri – ciri fizikal untuk serbuk koko yang digunakan bagi menyesuaikan dengan tujuan penggunaannya. Apabila mengetahui ciri – ciri fizikal serbuk koko tersebut, kebolehaliran bagi serbuk itu boleh dikira anggarannya. Kebolehaliran merujuk kepada keupayaan sesuatu serbuk untuk mengalir secara bebas dan seragam. Data berkaitan kebolehaliran adalah penting kerana ia mempengaruhi situasi semasa pengendalian bahan mentah hingga ke pembungkusan produk akhir. Nilai kebolehaliran yang rendah boleh menyumbang kepada masalah penggumpalan atau aliran tidak sekata semasa pemprosesan yang melibatkan serbuk koko (Dermici et al., 2024; Esposito et al., 2020).

Walaupun serbuk koko asli dan serbuk koko beralkali digunakan secara meluas dalam industri makanan, perbezaan dari aspek sifat fizikal seperti kebolehaliran, saiz zarah dan kandungan kelembapan bagi sesetengah jenama serbuk koko masih kurang diberi perhatian. Ciri-ciri ini boleh mempengaruhi kelancaran pemprosesan makanan dan juga tekstur makanan yang terhasil. Kekurangan kajian yang menilai secara mendalam hubungan antara sifat fizikal serbuk koko dan impaknya terhadap produk makanan, khususnya kek, menimbulkan keperluan untuk kajian ini dijalankan. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi mencapai dua objektif utama: pertama, untuk mengenal pasti dan membandingkan sifat fizikal serta kebolehaliran serbuk koko asli dan serbuk koko beralkali; dan kedua, untuk menilai kesan perbezaan sifat tersebut terhadap tekstur kek yang dihasilkan melalui pemprosesan makanan. Kajian ini diharap dapat memberikan panduan dalam pemilihan serbuk koko yang lebih sesuai berdasarkan aplikasi makanan tertentu.

Kajian Literatur

Terdapat dua kategori utama serbuk koko di pasaran iaitu serbuk koko asli dan serbuk koko beralkali, yang masing-masing berbeza dari segi kaedah pemprosesan dan ciri fizikal. Serbuk koko asli dihasilkan secara langsung daripada biji koko yang telah ditapai dan dikeringkan, manakala serbuk koko beralkali melalui proses pengalkalian dengan menggunakan agen alkali seperti kalium karbonat bagi mengubah nilai pH, warna serta rasa (Aprotosoai et al., 2016). Kedua-dua jenis serbuk koko ini menunjukkan perbezaan yang ketara dari segi warna, bau, rasa, saiz zarah serta sifat fizikal seperti kebolehaliran (*flowability*) dan kemampuan (*compressibility*), yang memberi implikasi langsung terhadap kefungsi serbuk dalam proses pemprosesan makanan (Akman et al., 2024). Perbezaan ini turut mempengaruhi prestasi produk akhir seperti tekstur dan kualiti sensori.

Ciri fizikal sesuatu serbuk memainkan peranan penting dalam menentukan sifat alirannya. Antara ciri fizikal yang sering dikaji termasuk saiz zarah, bentuk morfologi, ketumpatan pukal, kadar kelembapan, dan sifat koherens. Kajian oleh Sahin et al. (2024) mendapati bahawa proses pengalkalian menyebabkan perubahan struktur zarah serbuk koko, menjadikan serbuk koko beralkali lebih padat dan halus berbanding serbuk koko asli. Perubahan ini boleh mempengaruhi keupayaan serbuk untuk mengalir secara seragam, terutamanya dalam sistem automasi. Ketumpatan pukal yang tinggi dan saiz zarah yang tidak seragam boleh meningkatkan geseran antara zarah dan menyebabkan penggumpalan serta pengaliran tidak stabil. Oleh itu, penilaian menyeluruh terhadap ciri fizikal serbuk koko amat penting dalam menentukan kesesuaiannya untuk aplikasi tertentu dalam industri makanan (Peleg, 2007).

Kebolehaliran ditakrifkan sebagai keupayaan sesuatu serbuk untuk mengalir secara bebas dan konsisten di bawah pengaruh graviti atau tekanan mekanikal. Ciri ini amat penting dalam proses pencampuran, pengisian, pembungkusan, serta pengangkutan dalam pengeluaran makanan berskala besar. Serbuk yang mempunyai kebolehaliran rendah cenderung menyebabkan masalah seperti penggumpalan, penyumbatan corong (*hopper*), serta ketidaktepatan pengisian (Akman et al., 2024). Nilai kebolehaliran yang rendah boleh menyumbang kepada masalah penggumpalan atau aliran tidak sekata semasa proses pemindahan, pencampuran, dan pembungkusan dalam pemprosesan makanan (Esposito et al., 2020). Keadaan ini bukan sahaja menjejaskan kualiti dan konsistensi produk, tetapi turut memberi kesan kepada kecekapan operasi dan kos pengeluaran.

Selain itu, sifat aliran serbuk koko mempunyai hubungan rapat dengan tekstur akhir produk makanan. Sekiranya serbuk tidak mengalir dengan baik, proses pencampuran menjadi tidak homogen dan boleh mengakibatkan perbezaan dalam kepekatan bahan aktif dalam adunan. Hal ini akan menjejaskan sifat fizikal dan organoleptik produk seperti kekerasan, kegebuhan dan kelikatan, terutamanya dalam produk bakeri dan konfeksi (Ramos & Canet, 2019). Oleh itu, pemilihan jenis serbuk koko yang sesuai dari aspek sifat fizikalnya amat penting untuk memastikan produk akhir mencapai piawaian kualiti yang dikehendaki.

Beberapa kajian terkini telah memberi tumpuan kepada kaedah analisis sifat aliran serbuk dengan menggunakan pendekatan seperti ujian geseran terus (*direct shear test*), penilaian tekanan-zarah, serta penggunaan peralatan seperti *Powder Flow Analyser*. Kajian oleh Akman et al. (2024) menggunakan pendekatan *Jenike* untuk mereka bentuk sistem corong aliran jisim berdasarkan ciri aliran serbuk koko, dan mendapati serbuk koko asli memerlukan saiz bukaan lebih besar untuk memastikan aliran lancar berbanding serbuk koko beralkali. Indeks lekatan (*Cohesion Index*, CI) merupakan salah satu parameter penting dalam penilaian kebolehaliran (*flowability*) serbuk (Abdullah, Salam & Aziz, 2010). Ia digunakan secara meluas dalam pelbagai industri pemprosesan, termasuk makanan.

Metodologi

Kajian ini menggunakan reka bentuk eksperimen secara kuantitatif dengan membandingkan dua jenis sampel, iaitu penggunaan serbuk koko asli dan serbuk koko beralkali. Setiap sampel diuji dalam tiga ulangan bagi memastikan kebolehpercayaan dan kesahan data yang diperolehi.

Kandungan kelembapan

Kandungan kelembapan untuk kedua-dua serbuk koko ditentukan menggunakan penganalisis kelembapan (*moisture analyzer*) digital. 3 gram serbuk koko diletakkan dan disebar secara rata ke dalam bekas khas (*pan*) penganalisis kelembapan. Suhu ditetapkan kepada 105⁰C. Penganalisis kelembapan kemudian mengira dan memaparkan bacaan kandungan kelembapan sampel selepas beberapa minit. Ujian untuk setiap serbuk koko dijalankan secara berulang sebanyak tiga kali untuk mendapatkan bacaan purata.

Saiz zarah

Taburan saiz zarah diukur menggunakan teknik pembelauan laser. Semua sampel telah dianalisis pada instrumen saiz zarah Malvern 2000 yang dilengkapi dengan unit penyebaran kering Scirocco 2000. 3 gram sampel dimasukkan ke dalam *Particle Size Analyzer (Malvern Mastersizer, UK)*. Ujian untuk setiap serbuk koko dijalankan secara berulang sebanyak tiga kali untuk mendapatkan bacaan purata.

Ketumpatan

Ketumpatan serbuk koko diukur menggunakan *gas pycnometer*. Sampel dimuatkan ke dalam ruang sampel bersaiz 3.5 cm³. Keputusan diperolehi melalui analisis komputer.

Pengukuran Indeks Lekatan / *Cohesion Index* (CI)

CI digunakan dalam analisis kebolehaliran serbuk koko menggunakan *Powder Flow Analyser*. Keputusan yang diperolehi akan dianalisis berdasarkan jadual di bawah.

Jadual 1 : Indeks Lekatan

Indeks Lekatan (CI)	Tahap kebolehaliran
< 11	Aliran bebas (<i>Free-flowing</i>)
11 – 14	Aliran mudah (<i>Easy-flowing</i>)
14 – 16	Berlekat (<i>Cohesive</i>)
16 – 19	Sangat berlekat (<i>Very cohesive</i>)
> 19	Terlalu berlekat / mengeras (<i>Hardened/extremely cohesive</i>)

Penilaian tekstur dan warna kek

Dua jenis kek disediakan menggunakan serbuk koko asli dan serbuk koko beralkali. Kedua – dua jenis kek ini dihasilkan dengan menggunakan satu formulasi asas yang sama. Suhu pembakaran ditetapkan pada 180°C untuk kedua – dua kek dan disejukkan serentak selama 1 jam sebelum penilaian warna dan tekstur dibuat.

Warna kek diukur menggunakan alat kolorimeter (*Chroma Meter*) model CR-400 (*Konica Minolta*) dengan sistem warna CIE Lab*. Nilai L* (kecerahan), a* (kekemerahan-kehijauan), dan b* (kekuningan-kebiruan) direkod. Bacaan diambil di tiga lokasi rawak pada permukaan kek dan dikira purata. Ujian Analisis Profil Tekstur (TPA) dilakukan menggunakan *Texture Analyzer* (CT3, Brookfield) dengan silinder pemampat 36 mm bagi menguji kekerasan kedua – dua kek tersebut.

Keputusan dan Perbincangan

Jadual 2 : Ciri Fizikal Dan Kebolehaliran Sampel

Ciri – Ciri Fizikal	Serbuk Koko Asli	Serbuk Koko Beralkali
Kandungan kelembapan (%)	2.80	2.91
Saiz zarah (µm)	10.236	11.130
Ketumpatan (kg/m ³)	1436.2	1452.5
Indeks Lekatan / <i>Cohesion index</i> (mm)	26.80	26.36
Warna kek	L = 42.3 ± 1.1	L = 28.7 ± 0.9
Kekerasan	6.80 ± 0.25	5.60 ± 0.20

Jadual 2 menunjukkan keseluruhan keputusan yang diperolehi daripada kajian. Kandungan kelembapan bagi sampel serbuk koko asli ialah 2.80 manakala sampel serbuk koko beralkali ialah 2.91. Kandungan kelembapan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kebolehaliran serbuk koko. Nilai kandungan kelembapan bagi kedua-dua jenis serbuk koko adalah hampir serupa. Serbuk koko yang mempunyai kandungan kelembapan yang rendah cenderung untuk menunjukkan kebolehaliran yang lebih baik. Apabila kandungan kelembapan dalam serbuk koko meningkat, ia akan menyebabkan peningkatan sifat lekatan antara zarah-zarah serbuk.

Saiz zarah bagi kedua-dua jenis serbuk koko adalah agak kecil. Saiz zarah yang lebih kecil boleh menyumbang kepada sifat aliran yang lemah. Hal ini demikian kerana peningkatan luas permukaan per unit jisim akan menggalakkan daya lekatan antara zarah dan meningkatkan interaksi antara zarah seterusnya boleh menyumbang kepada penggumpalan. Dari segi Indeks Lekatan, perbezaan antara serbuk koko beralkali dan serbuk koko asli tidak begitu ketara. Merujuk kepada Jadual 1, kedua-dua jenis serbuk koko mempunyai Indeks Lekatan melebihi 19, yang menunjukkan sifat kelekatan sangat tinggi membawa kepada kebolehaliran yang lemah. (Dogan et al., 2019).



Gambar 1 : Dua biji kek yang dihasilkan dari dua jenis serbuk koko yang berbeza. A ialah kek yang dihasilkan dari serbuk koko asli dan B ialah kek yang dihasilkan dari serbuk koko beralkali

Berdasarkan Gambar 1, kek yang dihasilkan menggunakan serbuk koko asli menunjukkan warna coklat cerah keperangan, manakala kek yang menggunakan serbuk koko beralkali berwarna coklat gelap. Nilai *L* (kecerahan) pada analisis warna menunjukkan kek koko asli mempunyai nilai *L* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kek yang dihasilkan dari serbuk koko beralkali. Berdasarkan keputusan ujian Analisis Profil Tekstur, kek yang dihasilkan menggunakan serbuk koko beralkali menunjukkan tekstur yang lebih lembut dan kenyal, berbanding kek yang dihasilkan daripada serbuk koko asli. Perbezaan di antara tekstur bagi kedua – dua kek ini disebabkan oleh proses pengalkalian yang memberi kesan kepada tahap pengembangan adunan serta interaksi antara protein dan komponen koko semasa proses pengembangan dan menghasilkan kek yang lebih ringan.

Kesimpulan

Kajian ini telah mengenal pasti dan membandingkan sifat fizikal serta sifat aliran (*flowability*) dua jenis serbuk koko utama di pasaran, iaitu serbuk koko asli dan serbuk koko beralkali, serta menilai kesannya terhadap tekstur kek yang dihasilkan. Hasil analisis menunjukkan bahawa kedua-dua jenis serbuk koko mempunyai perbezaan dari segi warna, tahap kealkalian dan sifat kebolehaliran yang berbeza dan mempengaruhi pengendalian semasa pemprosesan serta hasil akhir produk makanan.

Daripada ujian fizikal dan ujian kebolehaliran seperti Indeks Carr dan Indeks Lekatan (*Cohesion Index*), didapati bahawa kedua-dua serbuk koko tergolong dalam kategori aliran lemah, namun serbuk koko beralkali menunjukkan sifat aliran yang sedikit lebih baik berbanding serbuk koko asli. Ciri ini amat penting dalam pemprosesan berskala industri kerana ia mempengaruhi keberkesanan proses pencampuran, pengisian dan penuangan.

Dari aspek kualiti produk, kek yang dihasilkan menggunakan serbuk koko beralkali menunjukkan tekstur yang lebih lembut dan kenyal, manakala kek yang menggunakan serbuk koko asli lebih padat dan berstruktur teguh. Perbezaan ini dipengaruhi oleh sifat kimia serbuk koko, khususnya tahap pH dan komposisi lemak serta serat, yang mempengaruhi interaksi antara ramuan semasa proses pengembangan dan pembentukan struktur kek.

Secara keseluruhannya, pemilihan jenis serbuk koko perlu dipertimbangkan berdasarkan keperluan fungsi dan tekstur produk akhir, selain mempertimbangkan aspek kemudahan pemprosesan. Kajian ini memberi sumbangan bermakna dalam membantu pengusaha makanan membuat keputusan yang lebih tepat dari segi formulasi dan pengendalian bahan mentah, khususnya dalam penghasilan produk bakeri dan konfeksi berasaskan koko. Memahami kaitan antara kedua-dua indeks ini membantu dalam merancang pemilihan peralatan pemprosesan serbuk seperti corong (*hopper*) dan mesin pembungkusan serbuk. Selain itu, data kebolehaliran bagi serbuk juga penting untuk mengelakkan isu dalam pemprosesan seperti penggumpalan, penyumbatan dan campuran yang tidak sehati.

Penghargaan

Para penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada pihak pengurusan Kolej Komuniti Arau dan Fakulti Kejuruteraan Universiti Putra Malaysia atas kemudahan makmal yang disediakan sepanjang pelaksanaan kajian ini.

Rujukan

- Abdullah, E. C., Salam, A. B., & Aziz, A. A. (2010). The characterization of cohesive powders using a powder rheometer. *Advanced Powder Technology*, 21(4), 395–400. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2010.01.009>
- Akman, P. K., et al. (2024). Effects of different alkali mixtures on physicochemical, microstructural, and powder properties of alkalized cocoa. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18(11), 9410–9422.
- Aprotosoai, A. C., Luca, S. V., & Miron, A. (2016). Flavor chemistry of cocoa and cocoa products—An overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 73–91.
- Beeler, N., et al. (2024). Development and optimization of a cocoa extraction treatment by means of the response surface methodology (RSM) and artificial neural networks (ANN). *Industrial Crops and Products*, 222, 119610.
- Demirci, Sultan & Elmaci, Ceren & Atalar, Ilyas & Toker, Omersaid & Palabiyik, Ibrahim & Konar, Nevzat. (2024). Influence of Process Conditions of Alkalization on Quality of Cocoa Powder. *Food Research International*. 182. 114147. [10.1016/j.foodres.2024.114147](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114147).
- De Santiago-Romero, J. A., et al. (2024). Development of shake powdered food with cocoa, mesquite pod flour, oak extract and agave fructans, quality characteristics and glycemic index. *Nutrition & Food Science*, 54(5), 890–905.
- Dogan, M., Palabiyik, I., Toker, O. S., & Yilmaz, M. T. (2019). Determination of the cohesion, powder flow speed dependency and caking tendency of cocoa powders. *Proceedings of the International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2019)*, 3(2), 92–99.
- Esposito, L., et al. (2023). Analysis of bioactive compounds in different cocoa powder samples. *Food Research International*, 150, 110743.
- Esposito, L., et al. (2024). A Survey on Potentially Beneficial and Hazardous Bioactive Compounds in Cocoa Powder Samples Sourced from the European Market. *Foods*, 13(15), 2457.

- Farah, D. M. H., Zaibunnisa, A. H., & Misnawi. (2015). Optimization of cocoa beans roasting process using response surface methodology based on concentration of pyrazine and acrylamide. *Journal of Food Science and Technology*, 52(9), 5858–5865.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2023). Cocoa: Global market trends and statistics. <https://www.fao.org>
- International Cocoa Organization (ICCO). (2022). The World Cocoa Economy: Facts and Figures. <https://www.icco.org>
- Peleg, M. (2007). Flowability of Food Powders and Methods for its Evaluation–A Review. *Journal of Food Process Engineering*. 1. 303 - 328.
- Ramos, L., & Canet, W. (2019). Physical properties and sensory characteristics of cocoa-based products. *Journal of Texture Studies*, 50(2), 114–125.
- Sarkar, S., et al. (2024). Influence of cocoa products on rheological, fatty acid profile and quality characteristics of biscuits. *Journal of Food Science and Technology*, 61(9), 1767–1777.
- Sahin, E., et al. (2024). Comparison of physicochemical properties, antioxidants, and aroma profiles of water- and sodium-hydroxide-treated natural cocoa powder. *ACS Omega*, 9(33), 35730–35743.