

PENGEMBANGAN METODE NIR SPEKTROSKOPI UNTUK DETEKSI CEPAT KADAR KAFEIN DALAM KOPI

Leny Irawati^{1*}, Basim Thariq², Maman Suherman³, Husna. J⁴, Indrawati Alhas^{5**}

^{1,4,5} Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

^{2,3} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Coffee drinks are very popular because they can relieve fatigue and drowsiness, increase concentration, improve mood, and reduce the risk of depression. However, consuming coffee can have negative effects on the body. The caffeine content in coffee, if consumed excessively can cause headaches, stomach and digestive disorders, and interfere with heart function, which results in increased blood pressure. Caffeine in coffee can be determined using UV VIS Spectrophotometry or the Chromatography method. These methods take a long time and use a lot of organic solvents. This study aims to develop a NIR spectrometry method to detect caffeine levels in coffee quickly. The study began by reading the spectrum of several coffee samples, then caffeine analysis was carried out using the reference method. Data from the spectrum and values from the reference method were processed with NirCal Chemometric Buchi software to produce a calibration model. From the calibration process, the standard error calibration (SEC) value was obtained as 0.1459 and the determination coefficient (R^2) as 0.858. This study shows that the results of caffeine analysis use the NIR method and the reference method are not much different, so the NIR method can be used for routine caffeine analysis in the laboratory.

Keywords: *Coffee, Caffeine, NIR Spectroscopy, Method Development*

ABSTRAK

Minuman kopi sangat digemari karena dapat menghilangkan rasa lelah dan mengantuk, meningkatkan daya konsentrasi, memperbaiki suasana hati, hingga menurunkan risiko depresi. Namun mengonsumsi kopi dapat memberikan efek negatif untuk tubuh. Kandungan kafein pada kopi jika dikonsumsi secara berlebihan dapat menyebabkan sakit kepala, gangguan pada lambung dan pencernaan, dan dapat mengganggu fungsi jantung yang berakibat naiknya tekanan darah. Kafein pada kopi dapat ditentukan dengan metode spektrofotometri UV VIS atau metode kromatografi. Metode tersebut menggunakan waktu lama dan menggunakan pelarut organik yang cukup banyak. Karena itu diperlukan metode yang dapat mendeteksi kadar kafein dengan cepat dan biaya lebih murah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode NIR spektrometri untuk mendeteksi kadar kafein pada kopi dengan cepat. Penelitian diawali dengan melakukan pembacaan spektrum beberapa sampel kopi, kemudian dilakukan analisis kafein menggunakan metode referensi. Data dari spektrum dan nilai dari metode referensi, diolah dengan bantuan *software NirCal Chemometric* Buchi untuk menghasilkan model kalibrasi. Dari proses kalibrasi diperoleh nilai *standar error calibration (SEC)* sebesar 0.1459 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.858. Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil analisis kafein metode NIRS dengan metode referensi tidak jauh berbeda sehingga metode NIRS dapat digunakan untuk analisis rutin kafein di laboratorium.

Kata Kunci: *Kopi, Kafein ; NIR Spektroskopi; Pengembangan Metode*

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu hasil komoditas ekspor yang paling banyak diperdagangkan di dunia dan merupakan minuman terbanyak ke dua dikonsumsi setelah air [1]. Indonesia merupakan negara pengekspor kopi nomor empat di dunia setelah Brazil, Vietnam dan Kolombia. Indonesia mengekspor sekitar 67% dari total produksi kopi [2], dan menjadi salah satu hasil perkebunan di Indonesia yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Volume ekspor kopi pada tahun 2019 mencapai 359.053 ton biji kopi, dengan nilai devisa sebesar US\$ 883.123 juta [3]. Kopi tidak hanya berperan penting sebagai sumber devisa, melainkan juga merupakan sumber penghasilan bagi tidak kurang dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia. Pada umumnya, kopi dimanfaatkan sebagai produk olahan berupa minuman yang berasal dari proses pengolahan dan ekstraksi biji tanaman kopi [4].

* Korespondensi penulis : Nama Leny Irawati, email irawatileny@gmail.com

** Mahasiswa

Kopi mengandung senyawa kimia kompleks antara lain asam klorogenat dan kafein. Selain itu, kopi memiliki lebih dari ribuan komponen kimia alami seperti karbohidrat, lipid, senyawa nitrogen, vitamin, mineral, alkaloid, dan senyawa fenolik, yang bermanfaat bagi kesehatan. Kopi memiliki banyak manfaat, diantaranya dapat meningkatkan kinerja fisik, membakar lemak, mengurangi risiko stroke, mencegah gangguan pada hati, mencegah penyakit prostat dan dapat menurunkan risiko terkena kanker kolorektal sebesar 20%, menurunkan risiko terkena penyakit parkinson sebesar 25%, mengurangi risiko diabetes tipe II, mengurangi risiko demensia dan melindungi pikiran, mencerahkan suasana hati, membantu melawan depresi dan meminimalkan risiko bunuh diri hingga 50%. Selain itu, konsumen kopi memiliki risiko lebih kecil terkena serangan jantung [5]. Kafein merupakan bahan aktif yang secara farmakologis merupakan turunan dari methylxanthine, yang secara zklinis bermanfaat untuk menstimulasi susunan syaraf pusat dengan efek menghilangkan rasa letih, lapar, dan mengantuk, juga meningkatkan daya konsentrasi dan memperkuat kontraksi jantung. Karena efek farmakologis inilah kafein sering kali ditambahkan pada minuman-minuman berenergi dalam kemasan [6,7].

Kafein pada kopi diketahui memiliki manfaat apabila dikonsumsi oleh manusia, dan juga memiliki dampak buruk bagi tubuh jika dikonsumsi pada saat kondisi tubuh tertentu, serta dalam kadar jumlah kafein yang cukup tinggi. Konsumsi kafein bermanfaat untuk meningkatkan kewaspadaan, menghilangkan kantuk dan menaikkan mood. Kafein juga membantu kinerja fisik dengan meningkatkan daya tahan tubuh dan meningkatkan kontraksi otot. Konsumsi kafein berlebih dapat menyebabkan warna gigi berubah, bau mulut, meningkatkan stres dan tekanan darah jika banyak mengonsumsi di pagi hari, insomnia, serangan jantung, stroke, kemandulan pada pria, gangguan pencernaan, kecanduan, dan penuaan dini [6]. Karena efek negatif dari konsumsi kafein secara berlebihan, maka diperlukan informasi tentang kandungan kafein pada kopi yang sehari-hari dikonsumsi oleh masyarakat.

Penentuan kandungan kafein yang akurat biasanya dilakukan melalui analisis di laboratorium menggunakan metode ekstraksi dan dilanjutkan dengan metode Spektrofotometri atau Kromatografi. Metode ini membutuhkan waktu yang cukup lama dan biaya besar karena melalui proses ekstraksi menggunakan pelarut organik yang relatif mahal. Oleh karena itu diperlukan metode penentuan mutu biji kopi yang lebih singkat dan lebih murah. Salah satu metode yang beberapa tahun terakhir ini mulai digunakan untuk memprediksi secara cepat kadar kafein di dalam kopi adalah metode *Near InfraRed Spectroscopy (NIRS)*.

Metode NIRS dapat digunakan untuk menentukan kandungan kimia suatu objek yang bersifat non-destruktif dengan memanfaatkan gelombang cahaya infra merah dekat yang menghasilkan spektrum kompleks yang dapat diolah secara kualitatif dan kuantitatif. Penggunaan NIRS memiliki beberapa keunggulan seperti preparasi sampel yang sederhana atau tanpa preparasi sama sekali, proses deteksi yang cepat dan ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan kimia. Selain itu NIRS memiliki potensi untuk menentukan beberapa parameter mutu secara bersamaan serta mengkarakterisasi dan mengklasifikasi mutu suatu produk berdasarkan kandungan kimianya [8].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode NIRS untuk mendeteksi secara cepat kadar kafein pada kopi. Metode NIRS menjadi pilihan karena dapat menganalisis kafein dengan kecepatan tinggi, tidak menimbulkan polusi, preparasi contoh yang sederhana, tidak menggunakan bahan kimia dan dapat menganalisis tanpa merusak bahan (non destruktif) [8].

2. METODE PENELITIAN

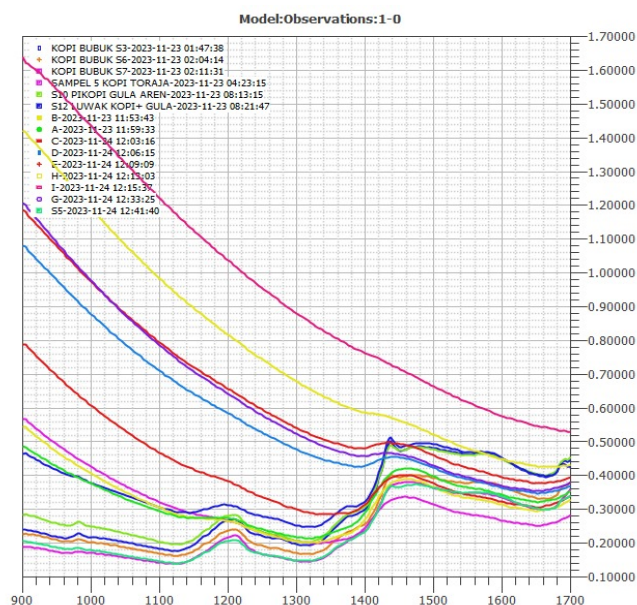
Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain kertas saring whatman No.1, berbagai merek kopi bubuk kemasan dan kopi bubuk murni, kloroform (Merck), kafein murni (Merck), kalsium karbonat (Merck) dan akuademineral (Waterone). Alat yang digunakan antara lain seperangkat alat NIR Proximat Buchi beserta asesorisnya, cawan petri gelas sebagai wadah sampel, neraca analitik Ohaus, Spektrofotometer UV VIS Orion Aquamate 8000 Thermo Scientific, hotplate dan seperangkat alat gelas.

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data dari lima belas sampel kopi bubuk murni dan kopi bubuk kemasan. Data yang dikumpulkan adalah spektrum masing-masing sampel dan data hasil pengujian kafein menggunakan metode primer atau metode referensi [Akhir, dkk 2021]. Metode yang digunakan sebagai metode primer yaitu metode spektrofotometri. Pada metode ini, sampel kopi dididihkan dengan akuades, dan ditambahkan natrium karbonat, kemudian kafein diekstraksi dari larutan kopi di dalam corong pemisah menggunakan pelarut organik yaitu kloroform. Ekstraksi dilakukan beberapa kali dan kloroform yang diperoleh dari setiap ekstraksi dikumpulkan dan diuapkan pada lemari asam sampai kering. Kristal kafein yang tertinggal dilarutkan menggunakan akuades dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum antara 245-300 nm. Dibuat kurva kalibrasi kafein dengan konsentrasi 0-10 mg/L [Prayoga dkk. 2023].

Setelah data spektrum dan data primer atau data referensi terkumpul, kemudian diolah menggunakan software *NIRCal Chemometric Buchi* menggunakan metode *Partial Least Square*. Setelah dihasilkan kurva kalibrasi, dan divalidasi oleh *software*, metode analisis kafein siap digunakan untuk analisis rutin kafein di laboratorium.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembacaan spektrum dari lima belas sampel kopi bubuk yang terdiri dari kopi bubuk murni, kopi bubuk kemasan, kopi bubuk dengan tambahan gula dan susu, serta kopi bubuk ekstrak dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Spektrum beberapa jenis sampel kopi bubuk

Pada gambar dapat dilihat bahwa terdapat beberapa pola dari spektrum yang dihasilkan dari hasil *scanning* lima belas sampel kopi. Hal ini disebabkan oleh sampel kopi yang digunakan terdiri dari tiga macam bentuk kopi, yang pertama adalah kopi bubuk murni yang diolah secara tradisional, yang kedua merupakan kopi bubuk murni kemasan pabrik, dan yang ketiga adalah kopi bubuk yang dikemas dan dilengkapi dengan gula dan susu atau tambahan lain yang sering disebut dengan *coffe mix* ataupun kopi instan. Penelitian ini menggunakan beberapa jenis sampel kopi untuk melihat apakah perbedaan matriks berpengaruh pada kurva kalibrasi yang dihasilkan dan berpengaruh terhadap nilai prediksi kafein yang dihasilkan. Beberapa penelitian sebelumnya telah menggunakan metode NIRS untuk menentukan kandungan kafein dari kopi, diantaranya dilakukan oleh Ayu dkk. (2020), Yuwita dkk. (2023) dan Latunra dkk. (2021). Penelitian tersebut hanya menggunakan satu jenis kopi sehingga spektrum yang digunakan terlihat seragam.

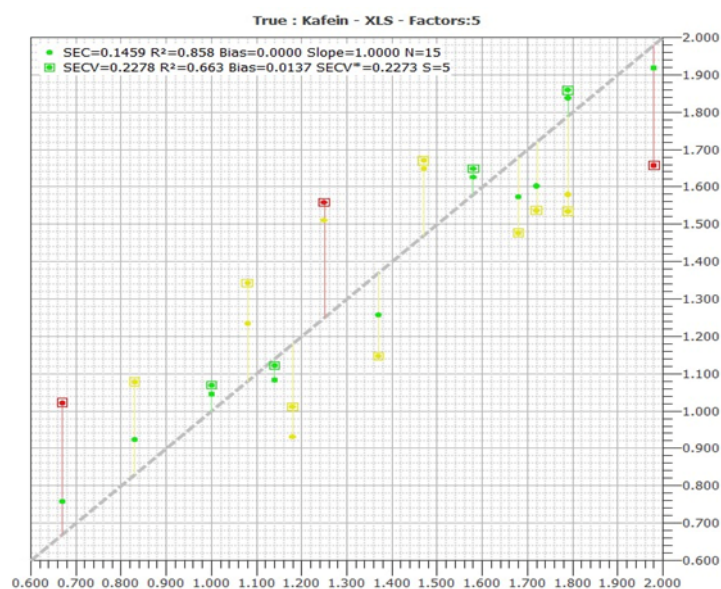
Penelitian yang menggunakan metode NIRS untuk menentukan kafein dalam kopi juga telah dilakukan oleh Akhir dkk (2021). Penelitian tersebut menggunakan NIRS dengan metode *Artificial Neural Network (ANN)* dan *Multiple Scatter Correction (MSC)* sehingga dihasilkan model kalibrasi dengan nilai $R^2=0.9692$ [8]. Sebelumnya Rosita dkk (2016) juga telah melakukan prediksi kandungan kafein pada biji kopi menggunakan NIRS. Penelitian ini menggunakan pra perlakuan data *derivate* pertama dan *derivate* kedua *Savitzky Golay* dan menghasilkan model kalibrasi dengan $r=0.97$ dan *Standar Error Calibration* 0,0036% [9]. Ayu dkk. (2020) juga telah melakukan penentuan kandungan kafein pada biji kopi hijau arabika dengan aplikasi spektroskopi NIR. Penelitian tersebut juga menggunakan pra perlakuan data MSC dengan (r) yang tinggi yaitu 0.936 [2].

Pada penelitian ini tidak dilakukan pra perlakuan data dan hanya menggunakan normalisasi 0-1. Hal ini dilakukan karena penelitian ini diharapkan memperoleh data sebanyak-banyaknya dari berbagai sampel kopi dan dari berbagai matriks agar ke depannya dapat digunakan untuk membuat model kalibrasi untuk setiap matrik yang berbeda. Setelah dilakukan pembacaan spektrum, dilakukan pengujian kafein menggunakan metode primer atau metode referensi yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. Kemudian data dari pembacaan spektrum

sampel kopi dan data kadar kafein menggunakan metode referensi diolah menggunakan software *NirCal Chemometric* Buchi yang menghasilkan kurva kalibrasi seperti terlihat pada Gambar 2. Kurva kalibrasi tersebut menjadi acuan untuk menentukan kadar kafein beberapa sampel kopi yang hasilnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Data Kafein Referensi

No	Kode Sampel	Kadar Kafein (%)	Keterangan
1	S3	1.36	Coffe mix
2	S6	1.79	Coffe mix
3	S7	1.37	Coffe mix
4	KB 5	1.72	Kopi bubuk kemasan
5	S10	1.98	Coffe mix
6	S12	1.68	Coffe mix
7	B	1.79	Kopi bubuk tradisional
8	A	1.58	Kopi bubuk tradisional
9	C	1.08	Kopi bubuk tradisional
10	D	0.83	Kopi bubuk tradisional
11	E	1.18	Kopi bubuk tradisional
12	H	1.00	Kopi bubuk tradisional
13	I	0.67	Kopi bubuk tradisional
14	G	1.14	Kopi bubuk tradisional
15	S5	1.25	Coffe mix



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Kafein

Pada kurva kalibrasi terlihat nilai *Standar Error Calibration (SEC)* sebesar 0.1459, *Standar Error Cross Validation (SECV)* sebesar 0.2278, dan R^2 sebesar 0.858. R^2 menunjukkan kemampuan model menerangkan keragaman nilai perubah tak bebas. Semakin besar nilai R^2 maka model semakin mampu menerangkan perilaku perubah tak bebas. Apabila $R^2 \geq 80-95\%$, maka analisis dapat dinyatakan baik, sedangkan R^2 pada selang 70-80% maka analisis dapat dinyatakan cukup baik [10]. Untuk dapat menghasilkan data dengan akurasi yang lebih baik, kurva kalibrasi dapat *diupdate* setiap saat dengan menambah data dari hasil *scanning* sampel yang baru dan data kadar kafein dari metode referensi.

Dari data-data yang telah disiapkan dan diolah menggunakan software *NIRCal Chemometric* Buchi telah dihasilkan kurva kalibrasi kafein, yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai prediksi kadar kafein dalam lima sampel kopi bubuk. Sebagai perbandingan dilakukan pula penentuan kafein menggunakan metode referensi/standar yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Selain untuk menentukan kadar kafein dan parameter kualitas kopi metode NIRS juga dapat digunakan untuk identifikasi asal geografis sampel kopi, [11] ketertelusuran dan autentikasi kopi [12] serta identifikasi varietas biji kopi [13]. Semua menyimpulkan bahwa metode NIRS menunjukkan hasil yang memuaskan jika dibandingkan dengan metode konvensional.

Tabel 2. Data Hasil Penentuan Kafein

No.	Kode Sampel	% Kafein metode NIRS	% Kafein Metode Referensi
1	Sampel 1	1.69	1.76
2	Sampel 2	1.59	1.47
3	Sampel 3	1.87	1.79
4	Sampel 4	1.89	1.98
5	Sampel 5	1.73	1.68

Tabel 2. Menampilkan data penentuan kadar kafein menggunakan metode NIR Spektroskopi dan metode referensi (metode konvensional). Terlihat bahwa hasil yang diperoleh tidak jauh berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun penentuan kafein menggunakan NIR Spektroskopi merupakan metode prediktif tetapi nilainya dapat diterima dan dapat dijadikan sebagai metode alternatif untuk digunakan pada analisis rutin di laboratorium.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa metode NIR Spektroskopi dapat digunakan untuk menentukan kadar kafein di dalam kopi bubuk. Penentuan kafein dalam kopi menggunakan metode NIRS dapat dilakukan dengan cepat, tanpa preparasi sampel, tanpa menggunakan bahan kimia, lebih ramah lingkungan dan lebih ekonomis serta hasilnya tidak jauh berbeda dengan metode konvensional.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang tak terhingga penulis haturkan kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang dan kepada Kepala Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk melakukan Penelitian Pranata Laboratorium Pendidikan (P2LP) ini dengan dana yang bersumber dari BLU PNUP sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah mengizinkan penulis menggunakan fasilitas yang ada di Jurusan Teknik Kimia dan melaksanakan penelitian di antara tugas rutin sehari-hari.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Munyendo, Daniel Njoroge, and Bernd Hitzmann, "The potential of spectroscopic techniques in coffee analysis—a review." *Processes*, vol.10, no.1, pp.71- 96, 2021.
- [2] P.C. Ayu, I. W. Budiastara, and A. Rindang, "NIR spectroscopy application for determination caffeine content of Arabica green bean coffee." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 454, no. 1, p. 012049, February 2020.
- [3] F. Yuwita, Ifmalinda, and Muhammad Makky. "Prediction of Caffeine and Protein of Arabica Coffee Beans Near Infrared Spectroscopy (NIRS)." *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, vol. 12, no. 4, pp. 852-862, 2023.
- [4] A. I. Latunra, Johannes, E., Mulihardianti, B., & Sumule, O. "Analisis Kandungan Kafein Kopi (Coffea arabica) pada Tingkat Kematangan Berbeda Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis", *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, vol.12, no.1, pp. 45-50, 2021.
- [5] I. Rahmawaty, & Gustiani, L. T, "Analisis Kafein pada Kopi Arabika (Coffea arabica L.) Gununghalu Teknik Light Roasting, Medium Roasting, dan Dark Roasting" *Kimia Padjadjaran*, vol. 1, no. 2, pp. 66-73, 2023.
- [6] A. Prayoga and Zumaira, "Comparison Study of Caffeine Levels of Coffee Bean (Coffea Sp.) and Brands of Coffee Powder Circulate in Banda Aceh City." *Indonesian Journal of Pharmaceutical Education*. Vol.3 no.1, 2023
- [7] F. A. Aprilia, Y. Ayuliansari, T. Putri, Y.M. Azis, D.W. Camelina, & R.M. Putra, "Analisis kandungan kafein dalam kopi tradisional gayo dan kopi lombok menggunakan HPLC dan spektrofotometri UV-Vis", *Biotika*,

- vol.16, no.2, pp. 38-39, 2018.
- [8] J. Akhir, A. Rindang, and P. C. Ayu, "Caffeine content calibration model on green beans arabica Mandailing Natal coffee using NIRS and artificial neural network." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing* Vol. 782, No. 2, 2021.
- [9] R. Rosita, and I. Wayan Budiastara. "Prediksi Kandungan Kafein Biji Kopi Arabika Gayo dengan Near Infrared Spectroscopy." *Jurnal Keteknik Pertanian* , vol. 4, no.2, pp. 179-186. 2016.
- [10] L.C.C. Lengkey, I.W. Budiastara, K.B. Seminar & B.S. Purwoko, "Model pendugaan kandungan air, lemak asam lemak bebas pada tiga provenan biji jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) menggunakan spektroskopi infra merah dekat dengan metode Partial least square (PLS)", *Industrial Crops Research Journal*, vol. 19, no.4, pp.203-2011, 2013.
- [11] N. Phuangsaibai, P. Theanjumpol, and S. Kittiwachana, "Performance optimization of a developed near-infrared spectrometer using calibration transfer with a variety of transfer samples for geographical origin identification of coffee beans," *Molecules*, vol.27, no. 23, pp. 8204, 2022.
- [12] S.R. Mariana, C. Montagnon, and F. Sheibani. "Identifying the origin of Yemeni green coffee beans using near infrared spectroscopy: a promising tool for traceability and sustainability." *Scientific Reports*, vol.14, no. 1, pp. 13342, 2024.
- [13] E. Aghdamifar, V.R. Sharabiani, E. Taghinezhad, A.R. Fanaei & M. Szymanek, "Non-destructive method for identification and classification of varieties and quality of coffee beans based on soft computing models using VIS/NIR spectroscopy", *European Food Research and Technology*, vol.249, no.6, pp. 1599-1612, 2023.