

DAFTAR PUSTAKA

1. Wahyulianingsih, Handayani S, Malik A. Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr & Perry). *J Fitofarmaka Indones.* 2016;3(2):188–93.
2. Putri AH, Putriyana RS, Silviani N. Isolasi dan Ekstraksi Kelompok Senyawa Flavonoid dari Ekstrak Daun Cocor Bebek (*Kalanchoe pinnata*). *Fuller J Chem.* 2019;4(2):28–33.
3. Fangohoy JM, Sudewi S, Yudistira A. Prediksi Model Penetapan Kadar *Abelmoschus manihot* L. Menggunakan Spektroskopi IR yang Dikombinasikan dengan Kemometrik. *PHARMACON J Ilm Farm – UNSRAT.* 2019;8(3):64–71.
4. Alfaridz F, Amalia R. Klasifikasi dan Aktivitas Farmakologi dari Senyawa Aktif Flavonoid. *Farmaka.* 2018;16(3):1–9.
5. Arifin B, Ibrahim S. Struktur, Bioaktivitas dan Antioksidan Flavonoid. *J Zarah.* 2018;6(1):21–9.
6. Gafur MA, Isa I, Bialangi N. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Flavonoid dari Daun Jamblang (*Syzygium cumini*). *Jur Kim Fak Mipa Univ Negeri Gorontalo.* 2012;11.
7. Ramadhani N, Sumiwi SA. Aktivitas Antiinflamasi Berbagai Tanaman Diduga Berasal dari Flavonoid. *Farmaka.* 2015;14(2):111–23.
8. Wang TY, Li Q, Bi K shun. Bioactive Flavonoids in Medicinal Plants: Structure, Activity and Biological Fate. *Asian J Pharm Sci [Internet].*

2018;13(1):12–23. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.ajps.2017.08.004>

9. Amin A. Determinasi dan Analisis Finger Print Daun Miana (*Coleus scutellarioides* Linn.) Sebagai Bahan Baku Obat Tradisional. *JF FIK UINAM*. 2016;4(2):58–64.
10. Lukman H, Wulandari L, Retnaningtyas Y. Penentuan Kadar Flavonoid pada Ekstrak Daun Tanaman Menggunakan Metode NIR dan Kemometrik. *J Pustaka Kesehat*. 2016;4(1):8–13.
11. Rohaeti E, Wahyuningrum A. Prediksi Kadar Flavonoid Total Tempuyung (*Sonchus arvensis* L.) Menggunakan Kombinasi Spektroskopi IR dengan Regresi Kuadrat Terkecil Parsial. *J Kim*. 2011;5(2):101–8.
12. Shafirany MZ, Susilawati Y, Musfiroh I. Aplikasi Kemometrik dalam Penentuan Mutu Tumbuhan Obat. *Pharmauho J Farm Sains, dan Kesehat*. 2019;4(2):6–13.
13. Siregar YDI, Riyadhhi A, Heryanto R, Lela N, Lestari TH. Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan dan Tulang Hewan Menggunakan FTIR dan Analisis Kemometrika. *J Kim Val*. 2015;1(2):103–16.
14. Purwakusumah ED, Rafi M, Syafitri UD, Nurcholis W, Adzkiya AMZ. Identifikasi dan Autentikasi Jahe Merah Menggunakan Kombinasi Spektroskopi FTIR dan Kemometrik. *Agritech*. 2014;34(1):82–7.
15. Kucharska-Ambrożej K, Karpinska J. The Application of Spectroscopic Techniques in Combination with Chemometrics for Detection Adulteration of Some Herbs and Spices. *Microchem J* [Internet]. 2020;153(August

2019):104278. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104278>

16. Rohman A, Nugroho A, Lukitaningsih E, Sudjadi. Application of Vibrational Spectroscopy in Combination with Chemometrics Techniques for Authentication of Herbal Medicine. *Appl Spectrosc Rev.* 2014;49(8):603–13.
17. Rohman A, Che Man YB. Analytical Method Development for Analysis of Soybean Oil in the Mixture with Virgin Coconut Oil Using Infrared. *Agritech.* 2012;32(2):111–6.
18. Yulia M, Iriani R, Suhandy D, Waluyo S, Sugianti C. Studi Penggunaan UV-Vis Spectroscopy dan Kemometrika untuk Mengidentifikasi Pemalsuan Kopi Arabika dan Robusta Secara Cepat. *J Tek Pertan Lampung.* 2017;6(1):45–52.
19. Umar AH, Syahrini R, Burhan A, Maryam F, Amin A, Marwati, et al. Determinasi dan Analisis Finger Print Tanaman Murbei (*Morus alba Lour*) Sebagai Bahan Baku Obat Tradisional dengan Metode Spektroskopi FT-IR dan Kemometrik. *PHARMACON J Ilm Farm – UNSRAT.* 2016;5(1):78–90.
20. RI DK. Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat. Jakarta: Departement Kesehatan RI; 2000.
21. Chang CC, Yang MH, Wen HM, Chern JC. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *J Food Drug Anal.* 2002;10(3):178–82.

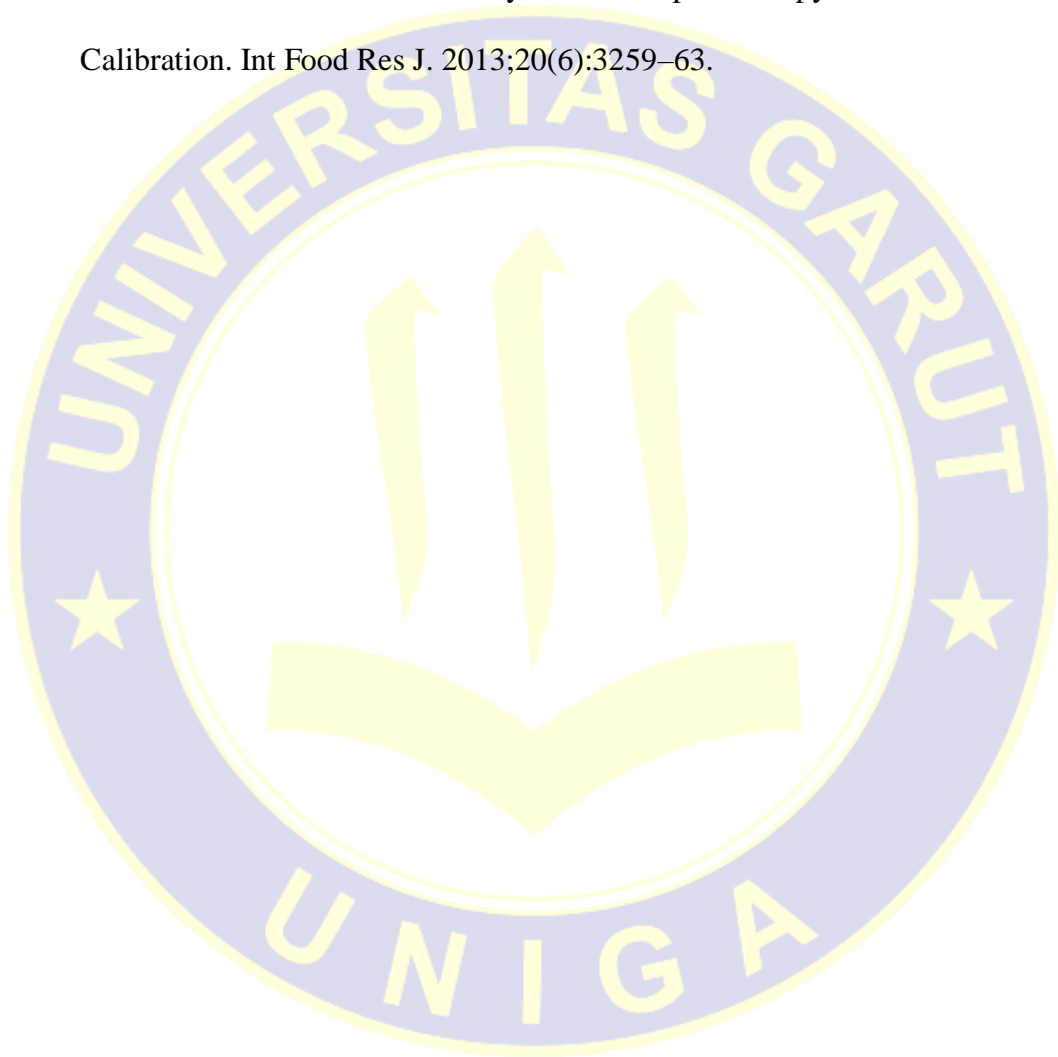
22. Agung NC. Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Daun Pare Metode Kompleks Kolorimetri dengan Pengukuran Absorbansi secara Spektrofotometri. *Electron J Politek Harapan Bersama Tegal*. 2016;5:58–61.
23. Pavia DL, Lampman GM, Kriz GS, Vyvyan JR. Introduction to Spectroscopy. Vols. 448–453, Applied Mechanics and Materials. 2014. 4285–4291 p.
24. Khopkar S. Konsep Dasar Kimia Analitik. Jakarta: UI-Press; 2003.
25. Rohman A. Spektroskopi Inframerah dan Kemometrika untuk Analisis Farmasi. Yogyakarta: Pustaka Pelajar. 2014. 1–45 p.
26. Watson DG. Analisis Farmasi : Buku Ajar Untuk Mahasiswa Farmasi dan Praktisi Kimia Farmasi. 2nd ed. Jakarta: ECG; 2009.
27. Naumann D. Infrared Spectroscopy in Microbiology. *Biomed Spectrosc*. 2000;102–31.
28. Wold S, Sjöström M, Eriksson L. PLS-regression: A basic tool of chemometrics. In: *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 2001. p. 109–30.
29. Kurniawati E, Rohman A, Triyana K. Analysis of Lard in Meatball Broth Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Meat Sci* [Internet]. 2014;96(1):94–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.003>
30. Guntarti A, Abidin MAZ. Analisis Lemak Anjing dalam Bakpao Ayam Menggunakan FTIR (Fourier Transform Infrared) Dikombinasikan Kemometrika. 2018;(1):34–42.

31. Rohman A, Che Man YB. Application of Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy Combined with Chemometrics for Authentication of Cod-liver Oil. *Vib Spectrosc* [Internet]. 2011;55(2):141–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vibspec.2010.10.001>
32. Triyasmono L, Cahaya N, Turianto D, Santoso HB, Rohman A. Research Journal of Pharmaceutical , Biological and Chemical Sciences Application of FTIR Spectroscopy and Chemometrics PLSR of the Determination of Total Flavonoid of Kalimantan ' s Kasturi (*Mangifera casturi*). *Res J Pharm Biol Chem Sci*. 2017;8(853):853–8.
33. Rafi M, Purwakusumah ED, Ridwan T, Barus B. Geographical Classification of Java Tea (*Orthosiphon Stamineus*) From Java Island By Ftir Spectroscopy Combined With Canonical Variate Analysis. *J Sains dan Mat*. 2015;23(1):25–31.
34. Amit, Jamwal R, Kumari S, Dhaulaniya AS, Balan B, Kelly S, et al. Utilizing ATR-FTIR Spectroscopy Combined with Multivariate Chemometric Modelling for the Swift Detection of Mustard Oil Adulteration in Virgin Coconut Oil. *Vib Spectrosc* [Internet]. 2020;109(April):103066. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2020.103066>
35. Páscoa RNMJ, Teixeira AM, Sousa C. Antioxidant Capacity of *Camellia japonica* cultivars Assessed by Near- and Mid-infrared Spectroscopy. *Planta* [Internet]. 2019;249(4):1053–62. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00425-018-3062-z>

36. Sinelli N, Spinardi A, Di Egidio V, Mignani I, Casiraghi E. Evaluation of Quality and Nutraceutical Content of Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) by Near and Mid-infrared Spectroscopy. *Postharvest Biol Technol.* 2008;50(1):31–6.
37. Theodora CT, Gunawan IWG, Swantara IMD. Isolasi dan Identifikasi Golongan Flavonoid Pada Ekstrak Etil Asetat Daun Gedi (*Abelmoschus manihot* L.). *J Kim.* 2019;13(2):131–8.
38. Indarto. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Fenolik dari Kulit Akar Tumbuhan *Artocarpus Dadah* Miq 63-74. *J Ilm Pendidik Fis Al-Biruni.* 2015;4(2):145–53.
39. Suryana S, Junaedi EC, Choerunisa Y, Prasetiawati R, Lubis N. Analysis of Flavonoid in Extract of Rose Guava (*Syzigium jambos* (L.) Alston) Leaves Using Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *J Phys Conf Ser.* 2019;1402(5):8–12.
40. Kar S, Tudu B, Jana A, Bandyopadhyay R. FT-NIR Spectroscopy Coupled with Multivariate Analysis for Detection of Starch Adulteration in Turmeric Powder. *Food Addit Contam Part A [Internet].* 2019;36(6):1–13. Available from: <https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1600746>
41. Guntarti A, Prativi SR. Application Method of Fourier Transform Infrared (FTIR) Combined with Chemometrics for Analysis of Rat Meat (*Rattus Diardi*) in Meatballs Beef. *Pharmaciana.* 2017;7(2):133.
42. Walkowiak A, Ledziński Ł, Zapadka M, Kupcewicz B. Detection of Adulterants in Dietary Supplements with Ginkgo Biloba Extract by

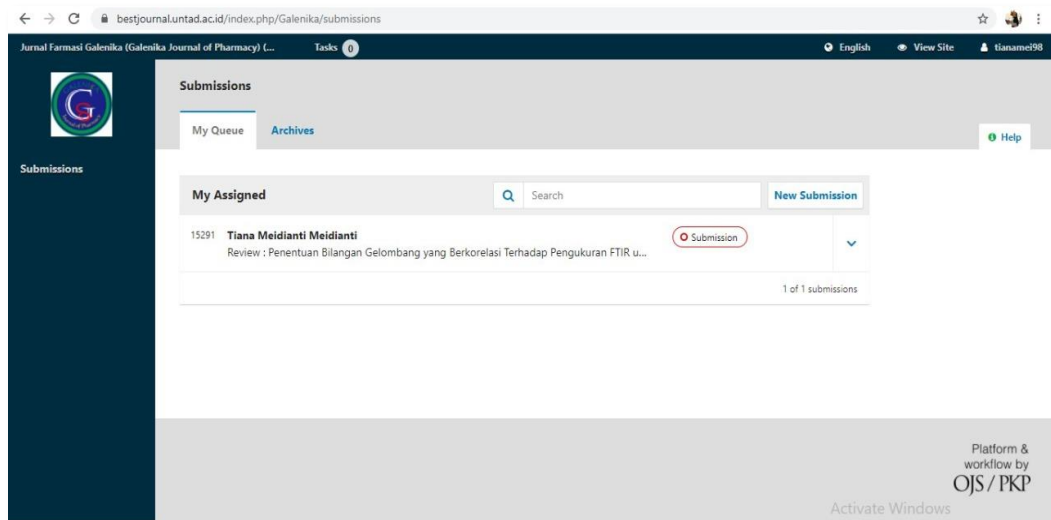
Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Multivariate Methods PLS-DA and PCA. *Spectrochim Acta - Part A Mol Biomol Spectrosc.* 2019;208:222–8.

43. Triyasmono L, Riyanto S, Rohman A. Determination of Iodine Value and Acid Value of Red Fruit Oil by Infrared Spectroscopy and Multivariate Calibration. *Int Food Res J.* 2013;20(6):3259–63.



LAMPIRAN 1

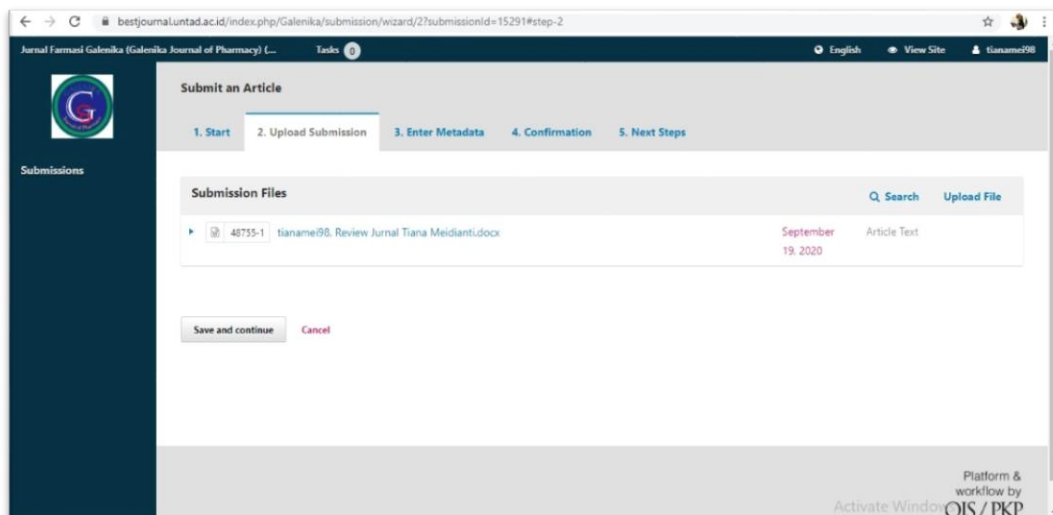
SUBMIT ARTIKEL



Gambar I.1 Submit artikel di Jurnal Farmasi Galenika
Universitas Tadaluko terindeks Sinta 3

LAMPIRAN 1

(LANJUTAN)

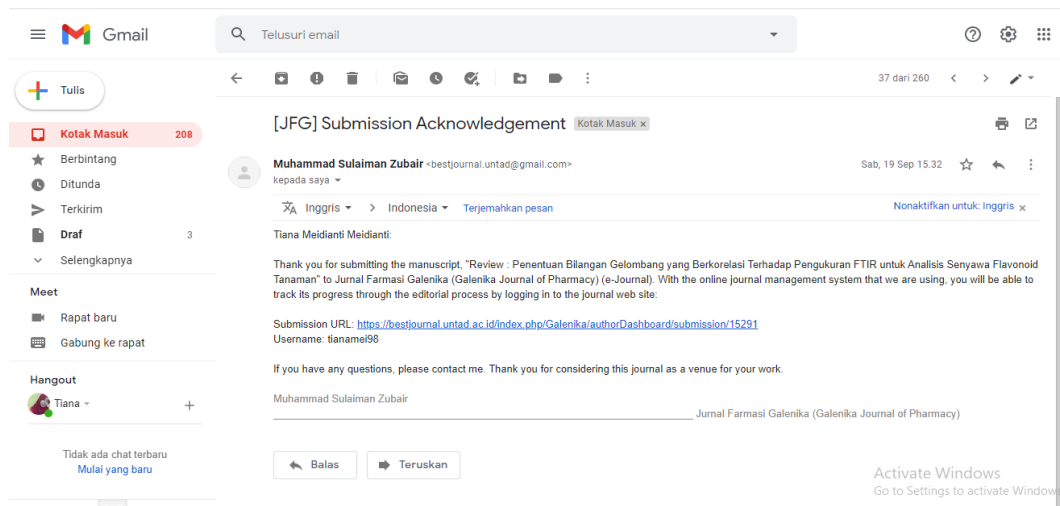


Gambar I.1 Submit artikel di Jurnal Farmasi Galenika

Universitas Tadaluko terindeks Sinta 3

LAMPIRAN 1

(LANJUTAN)



Gambar I.1 Submit artikel di Jurnal Farmasi Galenika
Universitas Tadaluko terindeks Sinta 3

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Tiana Meidianti
Tempat/Tanggal lahir : Purwakarta, 06 Mei 1998
Jenis kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Kp. Margaluyu Rt 015 Rw 004 Kel. Munjul Jaya
Kec. Purwakarta Kab. Purwakarta 41117
Telepon : 087879848727
Email : meidiantiana98@gmail.com
Kewarganegaraan : Indonesia

Jenjang Pendidikan	Nama Sekolah/Perguruan Tinggi	Tahun
SD	SDN 1 Citalang	2004-2010
SMP	SMPN 9 Purwakarta	2010-2013
SMK	SMK Farmasi Purwakarta	2013-2016
S1	Farmasi Universitas Garut	2016-2020

REVIEW : PENENTUAN BILANGAN GELOMBANG YANG BERKORELASI TERHADAP PENGUKURAN FTIR UNTUK ANALISIS SENYAWA FLAVONOID TANAMAN

Tiana Meidianti

Program Studi Farmasi Universitas Garut

Email: meidiantiana98@gmail.com

Abstrak

Flavonoid merupakan kelompok senyawa fenol terbesar di alam dan diketahui memiliki banyak aktivitas farmakologi. Beberapa penelitian mengenai analisis flavonoid menggunakan FTIR telah dipublikasikan. Spektrofotometri FTIR merupakan metode analisis kimia yang cepat, akurat, dan preparasi yang sederhana. Dukungan teknik kemometrik PLSR memiliki keuntungan untuk interpretasi dalam mengaitkan profil spektrum inframerah dengan informasi yang terdapat pada suatu sampel. Teknik ini memberikan hasil yang cukup teliti sehingga pemakaiannya cukup luas. Review artikel ini bertujuan memberikan informasi mengenai bilangan gelombang yang berkorelasi terhadap pengukuran FTIR untuk analisis senyawa flavonoid tanaman. Dalam review artikel ini metode yang digunakan adalah studi literatur dari berbagai jurnal mengenai bilangan gelombang hasil pengukuran FTIR untuk analisis senyawa flavonoid tanaman. Dari hasil review artikel diketahui bahwa daun gedi hijau menawarkan model prediksi terbaik dengan menggunakan beberapa interval bilangan gelombang untuk penentuan analisis kuantitatif flavonoid tanaman.

Kata kunci: Flavonoid, FTIR, Kemometrika

REVIEW: DETERMINATION OF WAVE NUMBERS CORRELATED WITH FTIR MEASUREMENTS FOR THE ANALYSIS OF PLANT FLAVONOIDS

Abstract

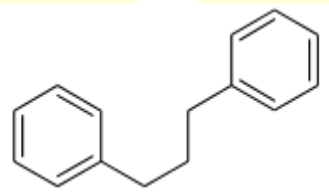
Flavonoids are the largest group of phenolic compounds in nature and are known to have many pharmacological activities. Several studies on flavonoid analysis using FTIR have been published. FTIR spectrophotometry is a method of chemical analysis that is fast, accurate and simple in preparation. The PLSR chemometric technique support have the advantage for interpretation in linking the infrared spectrum profile with the information contained in a sample. This technique provides fairly precise results so that it is widely used. The aim of this review article is to provide information about the wave numbers in the FTIR spectrum of

various plants that are correlated with the measurement of flavonoid compounds. The method of this review article used was a literature study from various journals regarding FTIR measured wave numbers for the analysis of plant flavonoids. The review article results that Gedi Hijau leaves offers the best prediction model by using several wave number intervals for the determination of quantitative analysis of plant flavonoids.

Keywords: *Flavonoids, FTIR, Chemometrics*

I. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang terkenal dengan keanekaragaman hayati, dimana terdapat berbagai jenis tanaman yang berkhasiat sebagai obat.¹ Di dalam tanaman tersebut terdapat senyawa organik bahan alam yang berperan penting dalam bidang farmakologi. Senyawa bahan alam yang merupakan metabolit sekunder telah banyak dimanfaatkan sebagai obat salah satunya adalah flavonoid.² Flavonoid adalah suatu kelompok senyawa fenol terbesar yang ditemukan di alam dan memiliki struktur dasar C₆-C₃-C₆, yaitu dua cincin aromatik yang dihubungkan oleh rantai alifatik tiga karbon seperti ditampilkan (pada gambar 1).^{1,3} Senyawa flavonoid diketahui memiliki banyak aktivitas seperti antibakteri,⁴ antioksidan,⁵ antivirus,⁶ antiinflamasi,⁷ dan antidiabetes.⁸



Gambar 1. Struktur Flavonoid¹

Saat ini metode analisis yang digunakan untuk mengetahui komponen senyawa aktif pada tanaman, berperan penting untuk pengembangan produk kesehatan obat berbasis tanaman. Metode analisis yang umum digunakan antara lain kromatografi gas, spektrometri massa,⁹ kromatografi lapis tipis, metode kolorimetri, spektrofotometri ultraviolet,¹⁰ dan kromatografi cair kinerja tinggi.¹¹

Namun, metode-metode analisis tersebut membutuhkan tahapan yang panjang dengan waktu yang lebih lama.¹²

Spektrofotometer inframerah tertransformasi fourier (*Fourier transformed infrared spectrophotometer*, FTIR) merupakan teknik analisis yang didasarkan pada vibrasi atom suatu molekul.¹⁰ Spektrum FTIR dihasilkan melalui interaksi antara energi sinar inframerah dengan komponen kimia penyusun campuran bahan, sehingga suatu spektrum FTIR merupakan identitas khas untuk campuran tersebut.⁹ FTIR memiliki beberapa keuntungan, diantaranya dapat mengukur secara cepat,³ non-destruktif,¹⁰ mampu menganalisis beberapa komponen secara serentak,¹¹ hasil pengukuran yang akurat,¹³ dan jumlah sampel yang dibutuhkan sedikit.¹⁰

Tetapi terdapat hambatan dalam analisis dengan FTIR yaitu tidak mudah untuk menginterpretasikan pola spektrum IR yang kompleks secara langsung.¹⁴ Dukungan teknik kemometrik memiliki keuntungan untuk interpretasi dalam mengaitkan profil spektrum inframerah dengan informasi yang terdapat pada suatu sampel.^{10,14} Teknik kemometrik mengurangi multidimensi data dan mengekstrak informasi tentang hubungan timbal balik antar variabel.¹⁵ Keuntungan spektroskopi FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrika adalah penggunaannya yang cepat dan efisien karena menggunakan komputer modern dan teknik statistika yang valid. Selain itu, dimungkinkan adanya pengukuran data multivariat yang mana beberapa variabel (absorbansi dalam banyak bilangan gelombang) diukur untuk suatu sampel yang dituju.¹⁶

Aplikasi kombinasi spektrum FTIR dengan metode kemometrik telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian seperti identifikasi minyak kedelai,¹⁷ identifikasi pemalsuan kopi arabika dan robusta,¹⁸ identifikasi dan karakterisasi karbon akti,¹³ dan analisis tanaman murbei.¹⁹ Teknik ini memberikan hasil yang cukup teliti dan akurat sehingga pemakaiannya cukup luas. Analisis suatu komponen dalam sampel tanaman dengan FTIR, menghasilkan respon pengukuran yang berasal dari berbagai komponen yang terkandung. Sehingga dibutuhkan pemilihan variabel yang sesuai untuk analisis komponen analit yang dituju. Maka review artikel ini akan membahas penentuan bilangan gelombang

yang berkorelasi terhadap pengukuran FTIR untuk analisis senyawa flavonoid tanaman.

II. Metode

Metode yang digunakan dalam pembuatan *review* artikel ini adalah studi pustaka. Pustaka yang digunakan merupakan jurnal ilmiah baik jurnal nasional maupun jurnal internasional yang diterbitkan secara *online* melalui mesin pencarian berupa *Google* ataupun dari berbagai situs web jurnal lain seperti *Pubmed*, *Science Direct* dan lainnya. Pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci seperti “Flavonoid”, “FTIR”, “Kemometrika”. Berdasarkan hasil pencarian diperoleh sebanyak 34 jurnal, yang kemudian dilakukan penentuan pustaka primer atau jurnal utama dan pustaka sekunder atau jurnal pendukung. Adapun kriteria pustaka primer yang digunakan dalam *review* artikel ini adalah jurnal dengan tahun terbit kurang dari 10 tahun yang menampilkan penelitian mengenai analisis kuantitatif senyawa Flavonoid tanaman menggunakan metode FTIR pada berbagai bilangan gelombang

III. Hasil dan Pembahasan

Pentingnya spektroskopi IR dalam identifikasi sampel yang berasal dari banyaknya kandungan informasi yang diperoleh, dan kemungkinan untuk menetapkan pita serapan tertentu yang terkait dengan gugus fungsi.²⁹ Spektrum FTIR dari suatu senyawa atau sampel dapat dibedakan dengan melihat posisi bilangan gelombang, intensitas dan jumlah puncak.^{30,31} Profil spektrum FTIR ekstrak tumbuhan obat tertentu merupakan pola sidik jari yang diperoleh dari total konstituen dengan variasi metabolit sekunder.³²

Hasil pada daerah sidik jari FTIR memberikan informasi data yang lebih kompleks dan dapat menggambarkan secara keseluruhan karakteristik kimia dari suatu sampel. Terjadinya perubahan komposisi kimia pada suatu bahan atau sampel akan berkorelasi dengan perubahan pada posisi pita dan intensitas dalam spektrum FTIR.³³ Daerah yang digunakan untuk mengukur sampel pada spektrofotometer FTIR dilakukan pada daerah 4000-400 cm^{-1} yaitu daerah IR

tengah,^{3,11,34} karena pada daerah tersebut vibrasi-vibrasi banyak ditemukan.¹⁶ Berdasarkan sumber data yang diperoleh, hasil pembacaan spektrum FTIR dari senyawa Flavonoid berbagai tanaman disajikan pada tabel 1.

Tabel III.1
Interpretasi Data FTIR untuk Analisis Senyawa Flavonoid

Sampel	Bilangan Gelombang Hasil pengukuran FTIR (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang yang Digunakan untuk Analisis (cm ⁻¹)
Daun Tempuyung ¹¹	3500 2925 dan 2853 1600 – 1760 1500 – 1600	OH C-H C=O (karbonil) C=C (aromatik)	3500 2925 dan 2853 1600 – 1760 1500 – 1600
Daun Gedi Hijau ³	1720,43 – 1739,99 1675 – 1725 3580,05 – 3649,76 1620 – 1680 1400 – 1500 1700 – 1725	C=O (aldehid) C=O (keton) OH C=C (alkena) C-C (aromatik) C=O (karbonil)	1720,43 – 1739,99 1675 – 1725 3580,05 – 3649,76 1620 – 1680 1400 – 1500 1700 – 1725
Daun Kasturi ³²	3300 1710	OH C=O (karbonil)	3300
Daun <i>Camellia japonica</i> ³⁵	3330 2850 – 2970 1640 ~1100 – 1500	OH CH ₂ dan CH ₃ C=C (aromatik) C-C (aromatik)	1780 – 1480 1340 – 1130
<i>Blueberry</i> ³⁶	3359 968 – 1220	OH C-O dan C-C	1014 – 1186

Dari data di atas, spektrum FTIR daun tempuyung memiliki puncak serapan cukup lebar pada daerah 3500 cm^{-1} yang menandakan keberadaan gugus OH. Puncak yang tajam, sempit dan berdekatan pada daerah $\sim 2925\text{ cm}^{-1}$ dan $\sim 2853\text{ cm}^{-1}$ menandakan vibrasi ulur C-H. Pada daerah $1600\text{-}1760\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi ulur C=O (karbonil), dan pada bilangan gelombang $1500\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$ terdapat ikatan C=C aromatik.¹¹ Spektrum FTIR daun gedi hijau memiliki puncak serapan pada daerah $3580,05\text{-}3649,76\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya gugus OH (Alkohol). Ikatan C=O (Aldehid) terdapat di daerah $1720,43\text{-}1739,99\text{ cm}^{-1}$, ikatan C=O (keton) di daerah $1675\text{-}1725\text{ cm}^{-1}$ dan ikatan C=O (asam karboksilat) di daerah $1700\text{-}1725\text{ cm}^{-1}$. Bilangan gelombang $1620\text{-}1680\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan C=C (alkena). Bilangan gelombang $1400\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya C-C (aromatik).³

Spektrum FTIR daun kasturi memiliki puncak pada bilangan gelombang 3300 cm^{-1} dan 1710 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus OH dan karbonil (C=O) yang merupakan gugus utama Flavonoid.³² Spektrum FTIR daun *Camellia japonica*, pita lebar pada bilangan gelombang 3330 cm^{-1} biasanya dikaitkan dengan gugus OH, yaitu peregangan Fenol. Pada bilangan gelombang $2850\text{-}2970\text{ cm}^{-1}$ terdapat gugus CH_2 dan CH_3 , sedangkan puncak sekitar 1640 cm^{-1} memantulkan getaran aromatik C=C. Secara global, puncak wilayah $\sim 1100\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ memantulkan getaran dari Flavonoid, cincin aromatik atau hidroksiflavonoid.³⁵

Spektrum FTIR *Blueberry* pada puncak 3359 cm^{-1} menandakan gugus OH dan pada bilangan gelombang dari $968\text{-}1220\text{ cm}^{-1}$ terkait dengan getaran ulur C-O dan C-C yang digabungkan dari gula.³⁶ Berdasarkan hasil data spektrum FTIR dari berbagai tanaman di atas, terdapat gugus OH, C=C (aromatik), C=O (karbonil), C-C, C-O, dan C-H alifatik. Gugus tersebut merupakan gugus fungsi dari senyawa Flavonoid.^{2,37,38} Analisis kuantitatif yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan aplikasi kemometrika.³

Metode kemometrik sangat berguna untuk pemrosesan spektrum IR. Metode kemometrik yang paling sering digunakan adalah regresi *Partial Least Squares* (PLS).³⁹ Metode PLS dapat mengekstraksi informasi dari spektrum FTIR yang

terkait dari suatu sifat kimia tertentu yang dibutuhkan untuk model kalibrasi pada bilangan gelombang tertentu.^{3,11} Model regresi PLS untuk analisis Flavonoid mengaitkan variabel x (data hasil pengukuran FTIR) dan variabel y (data hasil analisis metode AlCl_3).³

Pada metode regresi PLS, parameter yang mencerminkan kedekatan antara nilai referensi dan nilai kalibrasi adalah koefisien determinasi (R^2), *Root Mean Square Error of Validation* (RMSEV), *Root Mean Square Error of Calibration* (RMSEC), dan *Root Mean Square Error of Prediction* (RMSEP).⁽⁴⁰⁾ Nilai R^2 menunjukkan seberapa dekat hubungan antara nilai kenyataan dengan nilai prediksi dari instrument, jika nilai R^2 mendekati 1 hal ini menunjukkan adanya hubungan antara nilai prediktif serta nilai aktual dengan nilai prediksi yang baik.^{10,39} Jika Nilai RMSECV dan RMSEP semakin kecil hal ini membuktikan bahwa model validasi spektrofotometri FTIR semakin baik.⁴¹

Bilangan gelombang yang digunakan untuk analisis kuantitatif adalah bilangan gelombang yang memiliki pita spektrum paling khas untuk komponen bahan dan memiliki perubahan intensitas puncak seiring dengan berubahnya konsentrasi, karena intensitas puncak sebanding dengan konsentrasi analit yang diinginkan.^{42,43} Pemilihan bilangan gelombang didasarkan pada teknik optimasi, yaitu bilangan gelombang yang digunakan menawarkan model prediksi terbaik untuk korelasi antara nilai sebenarnya dengan nilai prediksi dari FTIR. Selain itu bilangan gelombang ini juga memberikan nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi dan nilai *error* terendah pada kalibrasi dan prediksi yang dinyatakan dengan *Root Mean Square Error of Calibration* (RMSEC) dan *Root Mean Square Error of Prediction* (RMSEP).²⁹ Optimasi bilangan gelombang dilakukan dengan menggunakan program *The Unscrambler* atau menggunakan program *Mini Tab* dengan metode regresi PLS, sehingga didapat model prediksi terbaik dengan nilai R^2 mendekati 1 dengan standar *error* yang rendah.

Tabel III.2
 Hasil Evaluasi Pengukuran Kadar Flavonoid dengan FTIR

Tanaman	Model Kalibrasi		Model Prediksi		Referensi
	R ²	RMSEC	R ²	RMSEP	
Daun Tempuyung	0,974	0,023	0,742	0,076	11
Daun Gedi Hijau	0,999	0,003	0,975	0,052	3
Daun Kasturi	0,998	0,205	0,995	0,831	32
Daun <i>Camellia Japonica</i>	0,93	0,085	0,89	0,09	35
<i>Blueberry</i>	0,97	0,15	0,93	0,22	36

Dari beberapa tanaman di atas hasil yang didapatkan cukup baik, namun daun gedi hijau menawarkan model prediksi terbaik dengan menggunakan beberapa interval bilangan gelombang untuk penentuan analisis kuantitatif. Model kalibrasi PLS pada sampel daun gedi hijau menunjukkan nilai R² kalibrasi = 0,999, nilai R² validasi = 0,975 dan nilai RMSEC = 0,003, RMSEP = 0,052.³ Sehingga diketahui bahwa bilangan gelombang tersebut berkorelasi terhadap pengukuran kadar flavonoid pada tanaman.

IV. Simpulan dan Saran

Senyawa Flavonoid memiliki gugus fungsi OH, C=C aromatik, C-C, C-O, C=O, dan C-H berdasarkan hasil pengukuran FTIR. Penentuan bilangan gelombang yang digunakan untuk analisis kuantitatif senyawa Flavonoid adalah bilangan gelombang yang memiliki spektrum paling khas untuk komponen bahan dan memiliki perubahan intensitas puncak seiring dengan berubahnya konsentrasi. Pemilihan bilangan gelombang didasarkan pada proses optimasi menggunakan program *The Unscrambler* atau menggunakan program *Mini Tab* dengan metode regresi PLS.

Bilangan gelombang yang dapat digunakan jika memberikan nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi dan nilai *error* terendah pada kalibrasi dan prediksi yang dinyatakan dengan *Root Mean Square Error of Calibration* (RMSEC) dan *Root Mean Square Error of Prediction* (RMSEP). Hasil analisis terbaik diperoleh dari daun geddi hijau yang menggunakan beberapa interval bilangan gelombang dengan nilai R^2 kalibrasi = 0,999, nilai R^2 validasi = 0,975 dan nilai RMSEC = 0,003, nilai RMSEP = 0,052. Bilangan gelombang tersebut lebih informatif dan memadai untuk pengukuran kadar Flavonoid dibandingkan dengan bilangan gelombang yang lain. Sehingga bilangan gelombang tersebut direkomendasikan sebagai acuan untuk pengukuran Flavonoid.

V. Daftar Pustaka

1. Wahyulianingsih, Handayani S, Malik A. Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Daun Cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr & Perry). *J Fitofarmaka Indones.* 2016;3(2):188–93.
2. Putri AH, Putriyana RS, Silviani N. Isolasi dan Ekstraksi Kelompok Senyawa Flavonoid dari Ekstrak Daun Cocor Bebek (*Kalanchoe pinnata*). *Fuller J Chem.* 2019;4(2):28–33.
3. Fangohoy JM, Sudewi S, Yudistira A. Prediksi Model Penetapan Kadar *Abelmoschus manihot* L. Menggunakan Spektroskopi IR yang Dikombinasikan dengan Kemometrik. *PHARMACON J Ilm Farm – UNSRAT.* 2019;8(3):64–71.
4. Alfaridz F, Amalia R. Klasifikasi dan Aktivitas Farmakologi dari Senyawa Aktif Flavonoid. *Farmaka.* 2018;16(3):1–9.
5. Arifin B, Ibrahim S. Struktur, Bioaktivitas dan Antioksidan Flavonoid. *J Zarah.* 2018;6(1):21–9.
6. Gafur MA, Isa I, Bialangi N. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Flavonoid dari Daun Jamblang (*Syzygium cumini*). *Jur Kim Fak Mipa Univ Negeri Gorontalo.* 2012;11.
7. Ramadhani N, Sumiwi SA. Aktivitas Antiinflamasi Berbagai Tanaman Diduga Berasal dari Flavonoid. *Farmaka.* 2015;14(2):111–23.

8. Wang TY, Li Q, Bi K shun. Bioactive Flavonoids in Medicinal Plants: Structure, Activity and Biological Fate. *Asian J Pharm Sci* [Internet]. 2018;13(1):12–23. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2017.08.004>
9. Amin A. Determinasi dan Analisis Finger Print Daun Miana (*Coleus scutellarioides* Linn.) Sebagai Bahan Baku Obat Tradisional. *JF FIK UINAM*. 2016;4(2):58–64.
10. Lukman H, Wulandari L, Retnaningtyas Y. Penentuan Kadar Flavonoid pada Ekstrak Daun Tanaman Menggunakan Metode NIR dan Kemometrik. *J Pustaka Kesehat*. 2016;4(1):8–13.
11. Rohaeti E, Wahyuningrum A. Prediksi Kadar Flavonoid Total Tempuyung (*Sonchus arvensis* L.) Menggunakan Kombinasi Spektroskopi IR dengan Regresi Kuadrat Terkecil Parsial. *J Kim*. 2011;5(2):101–8.
12. Shafirany MZ, Susilawati Y, Musfiroh I. Aplikasi Kemometrik dalam Penentuan Mutu Tumbuhan Obat. *Pharmauho J Farm Sains, dan Kesehat*. 2019;4(2):6–13.
13. Siregar YDI, Riyadhi A, Heryanto R, Lela N, Lestari TH. Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan dan Tulang Hewan Menggunakan FTIR dan Analisis Kemometrika. *J Kim Val*. 2015;1(2):103–16.
14. Purwakusumah ED, Rafi M, Syafitri UD, Nurcholis W, Adzkiya AMZ. Identifikasi dan Autentikasi Jahe Merah Menggunakan Kombinasi Spektroskopi FTIR dan Kemometrik. *Agritech*. 2014;34(1):82–7.
15. Kucharska-Ambrożej K, Karpinska J. The Application of Spectroscopic Techniques in Combination with Chemometrics for Detection Adulteration of Some Herbs and Spices. *Microchem J* [Internet]. 2020;153(August 2019):104278. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104278>
16. Rohman A, Nugroho A, Lukitaningsih E, Sudjadi. Application of Vibrational Spectroscopy in Combination with Chemometrics Techniques for Authentication of Herbal Medicine. *Appl Spectrosc Rev*. 2014;49(8):603–13.

17. Rohman A, Che Man YB. Analytical Method Development for Analysis of Soybean Oil in the Mixture with Virgin Coconut Oil Using Infrared. *Agritech*. 2012;32(2):111–6.
18. Yulia M, Iriani R, Suhandy D, Waluyo S, Sugianti C. Studi Penggunaan UV-Vis Spectroscopy dan Kemometrika untuk Mengidentifikasi Pemalsuan Kopi Arabika dan Robusta Secara Cepat. *J Tek Pertan Lampung*. 2017;6(1):45–52.
19. Umar AH, Syahrani R, Burhan A, Maryam F, Amin A, Marwati, et al. Determinasi dan Analisis Finger Print Tanaman Murbei (*Morus alba* Lour) Sebagai Bahan Baku Obat Tradisional dengan Metode Spektroskopi FT-IR dan Kemometrik. *PHARMACON J Ilm Farm – UNSRAT*. 2016;5(1):78–90.
20. Kurniawati E, Rohman A, Triyana K. Analysis of Lard in Meatball Broth Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *Meat Sci* [Internet]. 2014;96(1):94–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.003>
21. Guntarti A, Abidin MAZ. Analisis Lemak Anjing dalam Bakpao Ayam Menggunakan FTIR (Fourier Transform Infrared) Dikombinasikan Kemometrika. 2018;(1):34–42.
22. Rohman A, Che Man YB. Application of Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy Combined with Chemometrics for Authentication of Cod-liver Oil. *Vib Spectrosc* [Internet]. 2011;55(2):141–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vibspec.2010.10.001>
23. Triyasmono L, Cahaya N, Turianto D, Santoso HB, Rohman A. Research Journal of Pharmaceutical , Biological and Chemical Sciences Application of FTIR Spectroscopy and Chemometrics PLSR of the Determination of Total Flavonoid of Kalimantan ' s Kasturi (*Mangifera casturi*). *Res J Pharm Biol Chem Sci*. 2017;8(853):853–8.
24. Rafi M, Purwakusumah ED, Ridwan T, Barus B. Geographical Classification of Java Tea (*Orthosiphon Stamineus*) From Java Island By Ftir Spectroscopy Combined With Canonical Variate Analysis. *J Sains dan*

- Mat. 2015;23(1):25–31.
25. Amit, Jamwal R, Kumari S, Dhaulaniya AS, Balan B, Kelly S, et al. Utilizing ATR-FTIR Spectroscopy Combined with Multivariate Chemometric Modelling for the Swift Detection of Mustard Oil Adulteration in Virgin Coconut Oil. *Vib Spectrosc* [Internet]. 2020;109(April):103066. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2020.103066>
 26. Páscoa RNMJ, Teixeira AM, Sousa C. Antioxidant Capacity of *Camellia japonica* cultivars Assessed by Near- and Mid-infrared Spectroscopy. *Planta* [Internet]. 2019;249(4):1053–62. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00425-018-3062-z>
 27. Sinelli N, Spinardi A, Di Egidio V, Mignani I, Casiraghi E. Evaluation of Quality and Nutraceutical Content of Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) by Near and Mid-infrared Spectroscopy. *Postharvest Biol Technol*. 2008;50(1):31–6.
 28. Theodora CT, Gunawan IWG, Swantara IMD. Isolasi dan Identifikasi Golongan Flavonoid Pada Ekstrak Etil Asetat Daun Gedi (*Abelmoschus manihot* L.). *J Kim*. 2019;13(2):131–8.
 29. Indarto. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Fenolik dari Kulit Akar Tumbuhan *Artocarpus Dadah* Miq 63-74. *J Ilm Pendidik Fis Al-Biruni*. 2015;4(2):145–53.
 30. Suryana S, Junaedi EC, Choerunisa Y, Prasetiawati R, Lubis N. Analysis of Flavonoid in Extract of Rose Guava (*Syzigium jambos* (L.) Alston) Leaves Using Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *J Phys Conf Ser*. 2019;1402(5):8–12.
 31. Kar S, Tudu B, Jana A, Bandyopadhyay R. FT-NIR Spectroscopy Coupled with Multivariate Analysis for Detection of Starch Adulteration in Turmeric Powder. *Food Addit Contam Part A* [Internet]. 2019;36(6):1–13. Available from: <https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1600746>
 32. Guntarti A, Prativi SR. Application Method of Fourier Transform Infrared (FTIR) Combined with Chemometrics for Analysis of Rat Meat (*Rattus*

- Diardi) in Meatballs Beef. *Pharmaciana*. 2017;7(2):133.
33. Walkowiak A, Ledziński Ł, Zapadka M, Kupcewicz B. Detection of Adulterants in Dietary Supplements with Ginkgo Biloba Extract by Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Multivariate Methods PLS-DA and PCA. *Spectrochim Acta - Part A Mol Biomol Spectrosc*. 2019;208:222–8.
 34. Triyasmono L, Riyanto S, Rohman A. Determination of Iodine Value and Acid Value of Red Fruit Oil by Infrared Spectroscopy and Multivariate Calibration. *Int Food Res J*. 2013;20(6):3259–63.

