

## PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK KULIT TERONG UNGU PADA TAHU YANG MENGANDUNG FORMALIN

**Agnes Rantesalu\*, Winioliski L. O. Rohi Bire, Marni Tangkelangi, Aldiana Astuti**  
(Department Teknologi laboratorium medik, Poltekkes Kemenkes Kupang)  
Email Korespondensi: [agnesransh@gmail.com](mailto:agnesransh@gmail.com)

### **Abstract**

*Testing for formalin content in food is usually done through laboratory tests using chemicals, making it difficult for people to use it. As an alternative, formalin testing can be done with natural ingredients containing anthocyanins. This study aims to determine the formalin test on purple eggplant skin. This study is an experimental study. The method used is colorimetry by extracting anthocyanins from purple eggplant and testing them on tofu given formalin. Materials such as white tofu, formalin solution, distilled water, ethanol, purple eggplant, and label paper. The tools used in this study were hot plates, dropper pipes, stirring rods, mortars, evaporators, spray bottles, bulbs, and glassware commonly used in chemistry laboratories. This study was conducted in May - December 2023 at the Kupang City Health Laboratory. The results showed an efficient natural method for identifying formalin in food is to use eggplant skin extract. The ideal anthocyanin content in eggplant skin extract can be maintained using the right extraction method. As a result, the use of eggplant skin extract as a test material for formalin can be a practical and environmentally friendly substitute. In conclusion, the use of eggplant skin extract can be a reliable and environmentally friendly solution for detecting formalin in food products. Suggestions are to test the effectiveness of this eggplant skin extract on various types of food. Thus, it can be known how far the reliability of this method in detecting formalin accurately.*

**Keywords:** Purple eggplant; Formalin; Tofu; Anthocyanin; Colorimetry

### **Abstrak**

*Pengujian kandungan formalin pada makanan biasanya dilakukan melalui pemeriksaan laboratorium dengan menggunakan bahan kimia sehingga menyulitkan masyarakat dalam menggunakannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengujian formalin pada kulit terong ungu. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Metode yang digunakan adalah kolorimetri dengan mengekstraksi antosianin dari terong ungu dan mengujinya pada tahu yang diberi formalin. bahan-bahan seperti tahu putih, larutan formalin, aquades, etanol, terong ungu, dan kertas label. Alat alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah hot plate, pipet tetes, batang pengaduk, mortal, evaporator, botol semprot, bulb, dan peralatan gelas yang umum digunakan di laboratorium kimia. Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei – desember 2023 di UPT Laboratorium Kesehatan Kota Kupang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode alami yang efisien untuk mengidentifikasi formalin dalam makanan adalah dengan menggunakan ekstrak dari kulit terong. Kandungan antosianin yang ideal dalam ekstrak kulit terong dapat dipertahankan menggunakan metode ekstraksi yang tepat. Hasilnya, penggunaan ekstrak kulit terong sebagai bahan uji formalin dapat menjadi pengganti yang praktis dan ramah lingkungan. Lebih jauh lagi, hasil proses ekstraksi yang optimal akan meningkatkan ketepatan deteksi formalin dalam makanan. Kesimpulannya, penggunaan ekstrak kulit terong dapat menjadi solusi yang andal dan ramah lingkungan untuk mendeteksi formalin dalam produk makanan. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menguji efektivitas ekstrak kulit terong ini pada berbagai jenis makanan. Dengan demikian, dapat diketahui sejauh mana kehandalan metode ini dalam mendeteksi formalin secara akurat.*

**Kata Kunci:** Terong ungu; Formalin; Tahu; Antosianin; Kolorimetri

## PENDAHULUAN

Dalam produksi pangan, penggunaan bahan tambahan pangan dalam jumlah berlebih dan bahan pengawet pangan ilegal telah menjadi ancaman kesehatan masyarakat terbesar<sup>1</sup>. Misalnya, natrium nitrit telah banyak digunakan untuk meningkatkan warna dan memperpanjang masa simpan daging olahan, ikan, dan beberapa jenis keju. Kandungan nitrit yang diizinkan berada dalam kisaran 60-150 ppm pada produk olahan. Sebaliknya, konsumsi nitrit harian dalam jumlah yang lebih tinggi dapat menyebabkan keracunan pada manusia, khususnya methemoglobinemia<sup>3</sup>. Natrium benzoat pertama kali diizinkan sebagai bahan tambahan pangan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat (FDA) dan terdaftar sebagai E211 dalam produk pangan Eropa. Dengan tujuan menghambat pertumbuhan mikroorganisme (bakteri, jamur, dan serangga), natrium benzoat telah umum digunakan dalam makanan dan minuman yang bersifat asam<sup>4</sup>. Namun, kemungkinan masalah kesehatan yang disebabkan oleh natrium benzoat meliputi peradangan, gangguan hiperaktivitas defisit perhatian, pengendalian nafsu makan, stres oksidatif, alergi, dan perubahan menjadi karsinogen<sup>5</sup>.

Urea, formalin, dan boraks dilarang digunakan dalam produksi pangan karena sifatnya yang sangat beracun dan bahkan dapat menyebabkan kanker<sup>6</sup>. Formalin menimbulkan rasa nyeri disertai nekrosis selaput lendir, ulserasi, dan inflamasi apabila masuk ke dalam saluran pencernaan. Penggunaan formalin pada makanan menimbulkan keracunan pada manusia, yaitu nyeri perut disertai muntah, sakit kepala, kejang, dan tidak sadarkan diri hingga koma, serta dapat menimbulkan kerusakan pada susunan saraf pusat dan ginjal<sup>7</sup>.

Secara umum, bahan kimia tersebut telah dianalisis secara kuantitatif dengan spektrofotometri UV-vis, kromatografi (kromatografi gas dan kromatografi cair kinerja tinggi) atau metode elektrokimia. Meskipun teknik-teknik yang disebutkan dapat menganalisis secara kuantitatif dengan presisi dan akurasi yang tinggi (bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah), prosedur analisis melibatkan multi-langkah dengan persyaratan keterampilan tinggi, membatasi aplikasi di luar laboratorium dengan adaptasi cepat<sup>8</sup>.

Di sisi lain, beberapa uji kualitatif berdasarkan pengamatan warna reaksi bahan kimia dan indikator telah dikembangkan. Ungu untuk mendeteksi formalin menggunakan asam kromotropik, merah muda untuk mendeteksi formalin menggunakan fenilhidrazina, merah untuk mendeteksi boraks menggunakan kurkumin<sup>9</sup>. Secara umum, uji kualitatif (seperti kit uji) dapat menentukan keberadaan beberapa bahan kimia dengan batas deteksi spesifik untuk waktu yang sangat singkat, tergantung pada warna dan intensitas warna yang diamati<sup>10</sup>. Namun demikian, sebagian besar indikator umumnya beracun, mahal dan tidak tersedia dalam kehidupan. Oleh karena itu, indikator alami, terutama ekstrak yang berasal dari tumbuhan, saat ini telah dikembangkan sebagai biosensor untuk mendeteksi bahan tambahan makanan dan bahan pengawet makanan ilegal<sup>11</sup>.

Senyawa antosianin bersifat polar, sehingga senyawa tersebut dapat diekstraksi dengan pelarut polar seperti air, etanol dan metanol. Antosianin sering diekstraksi dengan etanol. Namun paling efektif jika menggunakan metanol. Warna pigmen antosianin adalah merah, biru, dan ungu. Antosianin biasanya dapat ditemukan pada buah-buahan, baik kulit maupun dagingnya, bunga, dan juga terdapat pada sayuran. Pigmen ini berubah menjadi merah pada pH asam dan berubah menjadi ungu dan kemudian berubah menjadi biru pada pH basa. Sehingga dapat juga digunakan sebagai indikator asam dan juga indikator basa. Antosianin dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan senyawa kimia seperti formalin. Sifat asam formalin disebabkan adanya asam format akibat oksidasi formaldehida, dan jika bercampur dengan asam kuat maka antosianin akan mudah bereaksi<sup>12</sup>. Beberapa penelitian yang berhasil mengekstraksi antosianin dari bahan alami antara lain: Limbah Kulit Manggis<sup>13</sup>, Daun Pisang (*Musa paradisiaca* L)<sup>14</sup>, Kastuba (*Euphorbia pulcherrima*)<sup>15</sup>.

Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memberikan solusi alternatif pengujian formalin pada tahu dengan menggunakan ekstrak kulit terong. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis Pengaruh Penambahan Ekstrak Kulit Terong Untuk Mendeteksi Keberadaan Formalin Pada Tahu. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui apakah kandungan antosianin pada kulit terong dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan

formalin. Penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan alternatif pengujian formalin mandiri bagi masyarakat.

## **METODE PENELITIAN**

### **Desain**

Jenis Penelitian ini merupakan studi eksperimental menggunakan bahan-bahan seperti tahu putih, larutan formalin, aquades, etanol, terong ungu, dan kertas label. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hot plate*, pipet tetes, batang pengaduk, mortal, evaporator, botol semprot, *bulb*, dan peralatan gelas yang umum digunakan di laboratorium kimia. Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei – desember 2023 di UPT Laboratorium Kesehatan Kota Kupang.

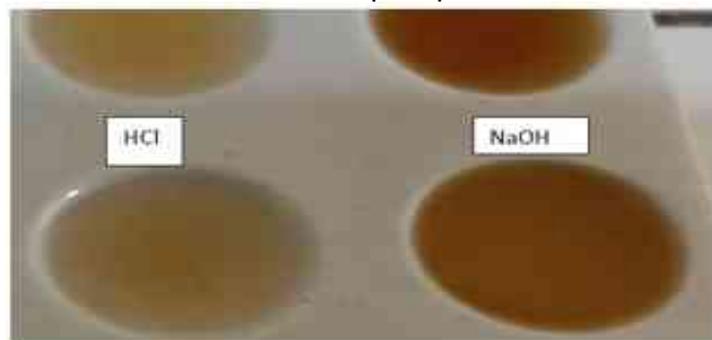
**Pembuatan Larutan Formalin 1%** : Diambil 2,7 ml formalin 37% lalu dimasukkan dalam labu ukur 100 ml. Kemudian diencerkan dengan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan. **Pembuatan sediaan tahu berformalin** : Ditimbang tahu sebanyak 50 gram. Lalu direndam dalam larutan formalin 1 % selama 1 jam. Selanjutnya tahu ditumbuk dalam mortal. Dan ditambahkan aquades sampai 100 ml. Kemudian disaring.

**Pembuatan Ekstrak Kulit Terong Ungu** : Langkah pertama preparasi sampel adalah memisahkan bagian kulit terong ungu dari dagingnya, lalu dicuci hingga bersih. Kulit terong ungu kemudian dimasak selama 7 menit, setelah itu dihaluskan dan dibekukan pada suhu -27°C. Sampel beku sebanyak 350 g dihaluskan dengan blender selama 3 menit dengan penambahan 700 mL pelarut (pelarut : sampel = 1:2). Pelarut terdiri dari etanol 96%, asam asetat, dan akuades dengan perbandingan masing-masing 25:1:5. Selanjutnya ekstrak ditiriskan dengan kain. Filtrat dipanaskan dalam penangas air pada suhu 50°C untuk menguapkan etanol sehingga diperoleh filtrat yang lebih pekat. Filtrat pigmen kemudian disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya filtrate diputar dengan magnetic stirrer selama 15 menit. Setelah itu, supernatant (hasil dari diputar dengan magnetic stirrer dengan bobot jenis yang lebih rendah) disimpan dalam botol kaca gelap di lemari es untuk analisis lebih lanjut.

**Identifikasi Formalin Menggunakan Ekstrak Kulit Terong Ungu** : Aquades diambil sebanyak 3 ml dan diberi label untuk masing-masing perbandingan. Teteskan ekstrak kulit terong ungu sebanyak 10 tetes dengan masing-masing perbandingan yaitu 1:1, 1:2, 1:3. Kemudian dipanaskan selama 1 menit, lalu amati perubahan warnanya. Perasan tahu yang direndam formalin 1% diambil sebanyak 3 ml. Teteskan ekstrak kulit terong ungu pada tahu dengan masing-masing perbandingannya yaitu 1:1, 1:2, 1:3. Kemudian dipanaskan selama 1 menit, lalu diamati perubahan warnanya. Penelitian dilakukan 3 kali pengulangan pada masing-masing perbandingan pada waktu yang sama.

## **HASIL PENELITIAN**

Hasil ekstraksi 350 gram sampel kulit terong ungu didapatkan ekstrak kental dari kulit terong ungu yaitu sebanyak 8,4351 gram. Rendamen ekstrak etanol kulit terong ungu yang diperoleh sebesar 58,61 %. Warna dari antosianin dipengaruhi oleh kondisi asam dan basa. Warna antosianin menjadi merah jika berada dalam suasana asam, sedangkan menjadi hijau kebiruan jika berada dalam suasana basa seperti pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Uji Ekstrak pada HCl dan NaOH

**Tabel 1. Uji ekstrak pada HCl dan NaOH**

Pelarut	Perbandingan warna	
	Hasil Penelitian	Penelitian [16]
HCL	Merah	Merah
NaOH	Berubah menjadi hijau Kebiruan dan akhirnya memudar	Berubah menjadi hijau Kebiruan dan memudar perlahan-lahan

Gambar 2 menunjukkan hasil ekstrak tahu yang mengandung formalin dengan menunjukkan warna merah. Hal ini sama dengan yang didapatkan pada uji menggunakan ekstrak kulit terong ungu. Hasil tersebut menunjukkan bahwa formalin telah dicampurkan ke dalam ekstrak tahu dan kulit terong ungu. Warna merah yang muncul dapat menjadi indikasi adanya bahan kimia berbahaya dalam kedua ekstrak tersebut.

**Gambar 2. Uji formalin pada tahu**

### **PEMBAHASAN**

Hasil sampel kulit terong ungu seberat 350 gram menghasilkan ekstrak kental sekitar 8,4351 gram. Persentase kulit terong ungu yang terpengaruh oleh etanol adalah sekitar 586,1%. Kondisi asam dan basa memengaruhi warna antosianin. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu, diketahui bahwa pH asam akan menghasilkan warna merah muda hingga merah terang, sedangkan pH basa akan menghasilkan warna biru hingga ungu tua pada ekstrak antosianin kulit terong ungu. Selain itu, penelitian juga menunjukkan bahwa kadar antosianin dalam kulit terong ungu dapat meningkat jika dilakukan proses ekstraksi dengan penambahan asam sitrat<sup>17</sup>. Hal ini sama seperti yang didapatkan pada hasil penelitian, ketika antosianin berada dalam suasana asam, warnanya menjadi merah seperti pada gambar 1 dan table 1. Tetapi, ketika berada dalam suasana basa, warnanya menjadi hijau kebiruan. Perubahan warna disebabkan oleh tingkat pH yang memengaruhi struktur molekul antosianin. Reaksi ini umumnya digunakan dalam ilmu pangan untuk menciptakan warna-warna cerah dalam berbagai produk. Tingkat pH memainkan peran penting dalam menentukan warna molekul antosianin, dengan kondisi asam menghasilkan rona merah dan kondisi basa menghasilkan warna hijau kebiruan. Sifat perubahan warna ini digunakan dalam ilmu pangan untuk meningkatkan daya tarik visual berbagai produk<sup>18,19,20,21</sup>.

Senyawa antosianin ditunjukkan pada panjang gelombang yang diperoleh. Panjang gelombang yang diperoleh, akan dibandingkan dengan penelitian lainnya. Adanya perbedaan sumber antosianin dan adanya perbedaan pelarut yang digunakan, panjang gelombang yang didapatkan pun berbeda. Oleh karena itu, perbandingan panjang gelombang antosianin antara penelitian yang satu dengan yang lain dapat memberikan informasi tambahan mengenai karakteristik senyawa tersebut. Selain itu, perbedaan panjang gelombang antosianin juga dapat mempengaruhi warna dan stabilitas senyawa tersebut dalam aplikasi tertentu<sup>22</sup>. Senyawa antosianin dari ekstrak etanol kulit terong ungu diduga merupakan jenis sianidin. Sianidin merupakan salah satu jenis antosianin yang umum ditemukan dalam kulit terong ungu<sup>23,24,25,26</sup>.

Serapan khas yang diberikan dari ciri antosianin adalah pada panjang gelombang 240 - 282 nm dan pada panjang gelombang 516 - 520 nm<sup>27</sup>. Penelitian lain juga didapatkan serapan pada panjang gelombang 547 nm dan pada panjang gelombang 536,4 nm<sup>16</sup>. Perbedaan panjang gelombang serapan antosianin dapat disebabkan oleh variasi metode ekstraksi dan perbedaan jenis pelarut yang digunakan dalam penelitian<sup>28,29,30</sup>. Hal ini menunjukkan pentingnya mempertimbangkan faktor-faktor tersebut dalam analisis senyawa antosianin dari ekstrak kulit terong ungu. Variasi panjang gelombang serapan antosianin dapat dipengaruhi oleh struktur kimia molekul tersebut, serta kondisi lingkungan selama ekstraksi dilakukan. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi panjang gelombang serapan antosianin secara lebih mendalam<sup>31</sup>.

Faktor lingkungan tumbuhnya tanaman sampel seperti ketinggian tempat, suhu udara, kesuburan tanah dan cahaya juga mungkin merupakan penyebab perbedaan yang didapatkan. Selain itu, curah hujan dan tingkat kelembaban udara juga dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman<sup>32</sup>. Semua faktor lingkungan tersebut perlu dipertimbangkan secara holistik untuk memahami perbedaan yang terjadi pada tanaman sampel. Semakin tinggi posisi dari permukaan laut, maka suhu udara ditempat tersebut pun akan semakin rendah dan intensitas cahaya di tempat tersebut juga akan semakin besar, sehingga akan menyebabkan laju biosintesa antosianin semakin besar<sup>33</sup>. Selain itu, faktor genetik dari tanaman terong ungu juga dapat memengaruhi kandungan antosianin dalam ekstrak kulitnya<sup>34</sup>.

Formalin memiliki unsur aldehid yang mudah bereaksi dengan protein, karenanya ketika disiramkan pada tahu formalin akan mengikat protein mulai dari permukaan tahu sampai ke bagian dalamnya sehingga mengakibatkan protein mati<sup>35</sup>. Karena protein pada tahu telah berikatan dengan formalin maka protein tahu tersebut tidak bereaksi dengan pigmen antosianin. Hal ini mengakibatkan antosianin stabil. Sehingga, tahu yang telah direndam dalam formalin akan tetap terlihat segar dan berwarna cerah meskipun sebenarnya sudah tidak segar lagi. Namun, konsumsi tahu yang mengandung formalin dapat membahayakan kesehatan karena formalin merupakan bahan kimia berbahaya.

Antosianin tidak mengalami perubahan warna, tidak terbentuk endapan atau uap ketika dicampurkan dengan sampel tahu yang mengandung formalin<sup>36</sup>. Dengan demikian, penggunaan formalin pada tahu dapat mempengaruhi stabilitas antosianin dalam sampel. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan kandungan bahan kimia yang digunakan dalam proses pembuatan makanan agar kualitasnya tetap terjaga. Selain itu, konsumsi tahu yang mengandung formalin juga dapat menyebabkan masalah kesehatan jangka panjang seperti gangguan ginjal dan kanker. Oleh karena itu, penting bagi produsen makanan untuk tidak menggunakan bahan kimia berbahaya dalam proses produksi agar konsumen terlindungi dari risiko kesehatan yang tidak diinginkan.

## **SIMPULAN DAN SARAN**

Berat ekstrak yang dihasilkan yaitu 350 gram, dengan kandungan etanol 586,1%. Warna ekstrak dipengaruhi oleh kondisi asam dan basa, dengan antosianin berwarna merah pada kondisi asam dan kuning pada kondisi basa. Senyawa antosianin ditunjukkan pada panjang gelombang yang diperoleh, merupakan perbedaan sumber antosianin dan perbedaan pelarut yang diperoleh pun berbeda, dan jenis sianidin merupakan jenis

antosianin yang umum ditemukan. Serapan khas dari ciri antosianin adalah pada panjang gelombang 240-282 nm, 516-520 nm, 547 nm, 536,4 nm, dan 547 nm. Perbedaan panjang gelombang serapan antosianin dapat disebabkan oleh variasi ekstraksi dan jenis pelarut. Formalin adalah unsur aldehid yang mudah bereaksi dengan protein, yang berbeda dan berwarna cerah tahu yang telah direndam dalam formalin. Antosianin tidak mengalami perubahan warna dan terbentuk endapan ketika dicampur dengan sampel tahu yang mengandung formalin. Penggunaan formalin pada tahu dapat mempengaruhi stabilitas antosianin dalam sampel.

Kesimpulannya adalah ekstrak kulit terong dapat digunakan sebagai bahan alami yang efektif dalam mendeteksi formalin pada makanan. Proses ekstraksi yang tepat akan memastikan kandungan antosianin dalam ekstrak kulit terong tetap optimal. Dengan demikian, penggunaan ekstrak kulit terong sebagai bahan uji formalin dapat menjadi alternatif yang ramah lingkungan dan efektif. Selain itu, hasil yang maksimal dari proses ekstraksi juga akan meningkatkan keakuratan dalam mendeteksi formalin pada makanan. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menguji efektivitas ekstrak kulit terong ini pada berbagai jenis makanan. Dengan demikian, dapat diketahui sejauh mana kehandalan metode ini dalam mendeteksi formalin secara akurat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- 1 Y. Zhong, L. Wu, X. Chen, Z. Huang, and W. Hu, "Effects of Food-Additive-Information on Consumers' Willingness to Accept Food with Additives," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 15, no. 11, p. 2394, Oct. 2018, doi: 10.3390/ijerph15112394.
- 2 S. Sambu, U. Hemaram, R. Murugan, and A. A. Alsofi, "Toxicological and Teratogenic Effect of Various Food Additives: An Updated Review," *Biomed Res Int*, vol. 2022, pp. 1–11, Jun. 2022, doi: 10.1155/2022/6829409.
- 3 M. Karwowska and A. Kononiuk, "Nitrates/Nitrites in Food—Risk for Nitrosative Stress and Benefits," *Antioxidants*, vol. 9, no. 3, p. 241, Mar. 2020, doi: 10.3390/antiox9030241.
- 4 F. Alderees, S. Akter, R. Mereddy, and Y. Sultanbawa, "Antimicrobial Activity of Nanoencapsulated Essential Oils of *Tasmannia lanceolata*, *Backhousia citriodora* and *Syzygium anisatum* against Weak-Acid Resistant *Zygosaccharomyces bailii* in Clear Apple Juice," *Beverages*, vol. 7, no. 3, p. 67, Sep. 2021, doi: 10.3390/beverages7030067.
- 5 Ł. J. Walczak-Nowicka and M. Herbet, "Sodium Benzoate—Harmfulness and Potential Use in Therapies for Disorders Related to the Nervous System: A Review," *Nutrients*, vol. 14, no. 7, p. 1497, Apr. 2022, doi: 10.3390/nu14071497.
- 6 I. Hasan, M. Pervin, Md. A. Kobir, S. H. Sagor, and M. R. Karim, "Effect of formaldehyde and urea contaminated feed exposure into the liver of young and adult pigeons (*Columba livia*)," *Vet World*, vol. 14, no. 3, pp. 769–776, Mar. 2021, doi: 10.14202/vetworld.2021.769-776.
- 7 S. C. Sarode *et al.*, "Accidental Local Infiltration of Formalin into the Buccal Mucosa: A Case Report and Review of the Literature," *Clin Pract*, vol. 8, no. 1, p. 1040, Feb. 2018, doi: 10.4081/cp.2018.1040.
- 8 D. Carvalho, C. Pinho, R. Oliveira, F. Moreira, and A. I. Oliveira, "Chromatographic Methods Developed for the Quantification of Quercetin Extracted from Natural Sources: Systematic Review of Published Studies from 2018 to 2022," *Molecules*, vol. 28, no. 23, p. 7714, Nov. 2023, doi: 10.3390/molecules28237714.
- 9 N. T. T. Nguyen, N. P. Nguyen, and T. Thanh Hoai, "Ethical leadership, corporate social responsibility, firm reputation, and firm performance: A serial mediation model," *Heliyon*, vol. 7, no. 4, p. e06809, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06809.
- 10 I. G. Munteanu and C. Apetrei, "Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review," *Int J Mol Sci*, vol. 22, no. 7, p. 3380, Mar. 2021, doi: 10.3390/ijms22073380.

- 11 A. Hitabatuma, P. Wang, X. Su, and M. Ma, "Metal-Organic Frameworks-Based Sensors for Food Safety," *Foods*, vol. 11, no. 3, p. 382, Jan. 2022, doi: 10.3390/foods11030382.
- 12 S. R. Dewi, "Identifikasi Formalin Pada Makanan Menggunakan Ekstrak Kulit Buah Naga," *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, vol. 1, no. 2, pp. 1–16, 2019.
- 13 R. Farida and F. C. Nisa, "Ekstraksi Antosianin Limbah Kulit Manggis Metode Microwave Assisted Extraction (Lama Ekstraksi Dan Rasio Bahan : Pelarut)," *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 3, no. 2, pp. 362–373, 2015.
- 14 L. N. Lestario, M. K. W. C. Yoga, and A. I. Kristijanto, "STABILITAS ANTOSIANIN JANTUNG PISANG KEPOK (Musa paradisiaca L) TERHADAP CAHAYA SEBAGAI PEWARNA AGAR-AGAR," *Jurnal Agritech*, vol. 34, no. 04, pp. 374–381, 2015, doi: 10.22146/agritech.9431.
- 15 R. R. Maulid and A. N. Laily, "Kadar Total Pigmen Klorofil dan Senyawa Antosianin Ekstrak Kastuba Kadar Total Pigmen Klorofil dan Senyawa Antosianin Ekstrak Kastuba (Euphorbia pulcherrima) Berdasarkan Umur Daun," 2015, pp. 225–230.
- 16 A. Rantesalu, W. L. O. Rohi Bire, M. Tangkelangi, and N. M. Susilawati, "Effect of shallot peel extract in tofu to detect the presence of formaldehyde," *Public Health of Indonesia*, vol. 8, no. 4, pp. 131–135, Dec. 2022, doi: 10.36685/phi.v8i4.646.
- 17 H. E. Khoo, A. Azlan, S. T. Tang, and S. M. Lim, "Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits," *Food Nutr Res*, vol. 61, no. 1, p. 1361779, Jan. 2017, doi: 10.1080/16546628.2017.1361779.
- 18 R. Pandiselvam *et al.*, "The influence of non-thermal technologies on color pigments of food materials: An updated review," *Curr Res Food Sci*, vol. 6, p. 100529, 2023, doi: 10.1016/j.crfs.2023.100529.
- 19 R. Abedi-Firoozjah *et al.*, "Application of Red Cabbage Anthocyanins as pH-Sensitive Pigments in Smart Food Packaging and Sensors," *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 8, p. 1629, Apr. 2022, doi: 10.3390/polym14081629.
- 20 V. Rakić and N. Poklar Ulrich, "Influence of pH on color variation and stability of cyanidin and cyanidin 3- O- $\beta$ -glucopyranoside in aqueous solution," *CyTA - Journal of Food*, vol. 19, no. 1, pp. 174–182, Jan. 2021, doi: 10.1080/19476337.2021.1874539.
- 21 J. S. Câmara *et al.*, "Behind the Scenes of Anthocyanins—From the Health Benefits to Potential Applications in Food, Pharmaceutical and Cosmetic Fields," *Nutrients*, vol. 14, no. 23, p. 5133, Dec. 2022, doi: 10.3390/nu14235133.
- 22 E. Gençdağ, E. E. Özdemir, K. Demirci, A. Görgüç, and F. M. Yılmaz, "Copolymerization and stabilization of anthocyanins using organic molecules and encapsulation techniques," *Curr Plant Biol*, vol. 29, p. 100238, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.cpb.2022.100238.
- 23 Q. Qi *et al.*, "Anthocyanins and Proanthocyanidins: Chemical Structures, Food Sources, Bioactivities, and Product Development," *Food Reviews International*, vol. 39, no. 7, pp. 4581–4609, Aug. 2023, doi: 10.1080/87559129.2022.2029479.
- 24 G. Yang, L. Li, M. Wei, J. Li, and F. Yang, "SmMYB113 Is a Key Transcription Factor Responsible for Compositional Variation of Anthocyanin and Color Diversity Among Eggplant Peels," *Front Plant Sci*, vol. 13, Mar. 2022, doi: 10.3389/fpls.2022.843996.
- 25 N.-N. Condurache (Lazăr), C. Croitoru, E. Enachi, G.-E. Bahrim, N. Stănciuc, and G. Râpeanu, "Eggplant Peels as a Valuable Source of Anthocyanins: Extraction, Thermal Stability and Biological Activities," *Plants*, vol. 10, no. 3, p. 577, Mar. 2021, doi: 10.3390/plants10030577.
- 26 Z. Wang *et al.*, "The degradation and antioxidant capacity of anthocyanins from eggplant peels in the context of complex food system under thermal processing," *Food Biosci*, vol. 59, p. 103914, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.fbio.2024.103914.
- 27 R. Mattioli, A. Francioso, L. Mosca, and P. Silva, "Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and

- Neurodegenerative Diseases,” *Molecules*, vol. 25, no. 17, p. 3809, Aug. 2020, doi: 10.3390/molecules25173809.
- 28 B. Enaru, G. Dreţcanu, T. D. Pop, A. Stănilă, and Z. Diaconeasa, “Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation,” *Antioxidants*, vol. 10, no. 12, p. 1967, Dec. 2021, doi: 10.3390/antiox10121967.
- 29 T. Taghavi, H. Patel, and R. Rafie, “Extraction Solvents Affect Anthocyanin Yield, Color, and Profile of Strawberries,” *Plants*, vol. 12, no. 9, p. 1833, Apr. 2023, doi: 10.3390/plants12091833.
- 30 Netravati, S. Gomez, B. Pathrose, M. Joseph, M. Shynu, and B. Kuruvila, “Comparison of extraction methods on anthocyanin pigment attributes from mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) fruit rind as potential food colourant,” *Food Chemistry Advances*, vol. 4, p. 100559, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.focha.2023.100559.
- 31 B. Bhushan *et al.*, “FTIR spectra, antioxidant capacity and degradation kinetics of maize anthocyanin extract under variable process conditions,” *Applied Food Research*, vol. 3, no. 1, p. 100282, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.afres.2023.100282.
- 32 L. Yang, K.-S. Wen, X. Ruan, Y.-X. Zhao, F. Wei, and Q. Wang, “Response of Plant Secondary Metabolites to Environmental Factors,” *Molecules*, vol. 23, no. 4, p. 762, Mar. 2018, doi: 10.3390/molecules23040762.
- 33 A. Raza *et al.*, “Impact of Climate Change on Crops Adaptation and Strategies to Tackle Its Outcome: A Review,” *Plants*, vol. 8, no. 2, p. 34, Jan. 2019, doi: 10.3390/plants8020034.
- 34 K. Xiao *et al.*, “Fine Mapping of Candidate Gene Controlling Anthocyanin Biosynthesis for Purple Peel in *Solanum melongena* L.,” *Int J Mol Sci*, vol. 25, no. 10, p. 5241, May 2024, doi: 10.3390/ijms25105241.
- 35 E. Sulistyorini, Kirana Nugrahayu Lizansari, and Kholilah Febriyanti, “The Role of Anthocyanin Substances from Dragon Fruit Skin Extract in Formalin Content Testing in White Tofu,” *SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science)*, vol. 6, no. 1, pp. 10–15, Apr. 2022, doi: 10.22225/seas.6.1.4757.10-15.
- 36 E. Sulistyorini, Kirana Nugrahayu Lizansari, and Kholilah Febriyanti, “The Role of Anthocyanin Substances from Dragon Fruit Skin Extract in Formalin Content Testing in White Tofu,” *SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science)*, vol. 6, no. 1, pp. 10–15, Apr. 2022, doi: 10.22225/seas.6.1.4757.10-15.