

Research Article

Pengaruh Ekstrak Angkak terhadap Fenotip dan Stomata Pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang Dibudidaya dalam Sistem Hidroponik NFT

Effect Of Angkak Extract on Both Phenotype and Stomata of Brassica rapa Cultivated in Hydroponic NFT System

Ike Apriani^{1*}, Nurdiah Hasanah¹

¹ Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Raden Fatah, Palembang, Indonesia

*email: ikeapriani_uin@radenfatah.ac.id

Kata Kunci:

Angkak
Pigmen *Monascus*
Poliploidi
Brassica rapa

Keywords:

Red Yeast Rice
Monascus Pigment
Polyploidy
Brassica rapa

Submitted: 01/11/2023

Revised: 15/11/2023

Accepted: 01/12/2023

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ekstrak angkak terhadap fenotip dan stomata dalam menghasilkan tanaman berpotensi poliploidi. Penelitian eksperimen dilakukan dengan menggunakan konsentrasi ekstrak, yaitu 0 (kontrol), 250 mgL⁻¹, 500 mgL⁻¹, 750 mgL⁻¹ dan 1000 mgL⁻¹. Data parameter fenotip dianalisa secara kuantitatif menggunakan ANOVA dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan, sedangkan data kualitatif dideskripsikan. Ekstrak angkak tidak berpengaruh signifikan terhadap parameter fenotip seperti tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah dan tidak ada berat kering. Namun, berpengaruh signifikan pada parameter luas daun. Pengamatan kualitatif stomata menunjukkan bahwa ekstrak angkak dibandingkan dengan kontrol berdampak terhadap bentuk dan ukuran stomata. Potensi poliploidi ditunjukkan pada pengamatan stomata di konsentrasi 750 mgL⁻¹ dan 1000 mgL⁻¹.

Abstract. This study aims to determine the effect of red yeast rice extract on both phenotype and stomata to produce potentially polyploidy plants. Experimental research was conducted using several concentrations of extracts, such as 0 (control), 250 mgL⁻¹, 500 mgL⁻¹, 750 mgL⁻¹ and 1000 mgL⁻¹. Phenotype's data were analyzed quantitatively using ANOVA followed by Duncan's test, while the qualitative data were described. Red yeast extract had no significant effect on Phenotype parameters such as plant height, number of leaves, wet weight and no dry weight. However, this has a significant effect on leaf area. Qualitative observation of stomata showed that red yeast rice extract compared to controls had an impact on the shape and size of stomata. The potential of polyploidy was shown in stomata observations at concentrations of 750 mgL⁻¹, and 1000 mgL⁻¹.



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2023 by author.

1. PENDAHULUAN

Angkak, dikenal juga dengan Anka, Ang-Khan, Anka Koji, *Red fermented rice* (RFR), *Red Yeast Rice* (RYR) merupakan produk hasil fermentasi beras (*Oryza sativa*) dengan kapang *Monascus purpureus*, *M. pilosus*, atau *M. ruber* (Farawahida et al., 2022; Kusdiyantini, 2023). Produk ini seringkali digunakan sebagai pewarna alami yang berasal dari metabolit sekundernya (Yuliana, 2018). Pigmen warna yang dihasilkan adalah merah (*rubropunctamine* dan *monascorubramine*), kuning (*monascin* dan *ankaflavin*) dan oranye (*rubropunctatin* dan *monascorubrin*) (Mahardika et al., 2022). Pigmen lainnya, yaitu *Oscillaxanthin*, *Mutatochrome*, *Eschscholtz xanthin*, *Semi- β -carotenone*, dan *Rhodoxanthin* (Puspita et al., 2023).

Fermentasi *Monascus* menghasilkan metabolit sekunder. Metabolit ini dapat berperan sebagai anti kanker, antimikroba, anti hipertensi (Farawahida et al., 2022; Mahardika et al., 2022), anti-ploriferasi, anti-inflamansi (Pravitasari & Milanda, 2020), antioksidan (Pamungkas et al., 2022) dan antimitotik (Knecht & Humpf, 2006).

Senyawa antimitotik seperti oryzalin, trifularin, amiprofos metil dan kolkisin secara natural dapat menginduksi mutasi poliploidi (sudirman et al., 2022). Proses poliploidi mengubah jumlah kromosom pada saat mitosis atau miosis sehingga menghasilkan poliploid (Hartati et al., 2023). Kondisi ini dapat meningkatkan ukuran sel dan organ, meningkatkan ketahanan dan adaptasi terhadap lingkungan yang merugikan seperti salinitas dan kondisi temperatur yang ekstrim (Dabkevičienė et al., 2017). Selain itu, tanaman poliploid meningkatkan produksi metabolit sekunder untuk obat-obatan (Niazian & Nalouisi, 2020).

Induksi poliploidi merupakan cara efektif untuk meningkatkan kualitas biologis dan mengembangkan varietas baru, seperti pada tanaman *Populus hopeiensis* (J. Wu et al., 2023), *Colocasia esculenta* var. *antiquorum* (Haring et al., 2023), *Taraxacum kok-saghyz* (TK) (Luo et al., 2018), *Begonia* (Xie et al., 2024), *Dendrobium wardianum* (Wang et al., 2023) dan *Vitis vinifera* L. (Kara & Yazar, 2022) yang menggunakan antimitotik kolkisin. Contoh senyawa antimitotik lainnya adalah oryzalin dapat menginduksi tetraploid pada *Citrullus lanatus* (Bae et al., 2020), dan *Melissa officinalis* L. (Bharati et al., 2023).

Penelitian ini akan mengkaji potensi ekstrak angkak yang memiliki kemampuan antimitotik pada tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.). Pengamatan yang dilakukan dengan melihat perubahan fenotip dan stomata pakcoy, sehingga dibutuhkan tanaman berumur pendek. Menurut (Sesanti & Sismanto, 2016) umur panen pakcoy (*Brassica rapa* L.) berkisar 40 HST. Selain itu, telah dilaporkan bahwa budidaya pakcoy dengan hidroponik sistem NFT lebih baik dan efisien dibandingkan konvensional.

2. METODE

2.1. Alat dan Bahan

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah bibit pakcoy panah merah, metanol, AB mix, angkak, aquabides, rockwool dan lainnya

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan analitik, FTIR, TDS meter, sistem hidroponik NFT, mikroskop dan lainnya.

2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan. Biji pakcoy direndam dalam

larutan angkak selama 8 jam dengan konsentrasi yang berbeda, yaitu 0 (kontrol), 250 mgL⁻¹ (P1), 500 mgL⁻¹ (P2), 750 mgL⁻¹ (P3) dan 1000 mgL⁻¹ (P4).

Ekstrak angkak diperoleh dari ekstraksi bubuk angkak menggunakan metanol. Larutan di sentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Filtrat disaring dengan kertas Whatman dan dipekatan menggunakan *waterbath* dan dikeringkan dalam oven hingga membentuk bubuk (Srianta et al., 2016). Ekstrak bubuk diuji dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Kemudian, dilarutkan dengan aquabides sesuai dengan konsentrasi perlakuan.

Benih pakcoy disemai pada media rockwool selama 24 jam, kemudian biji yang telah pecah dormansinya direndam dalam larutan perlakuan selama 8 jam (Wiendra & Pharmawati, 2019). Benih diletakkan kembali ke media rockwool hingga bibit berusia 14 hari.

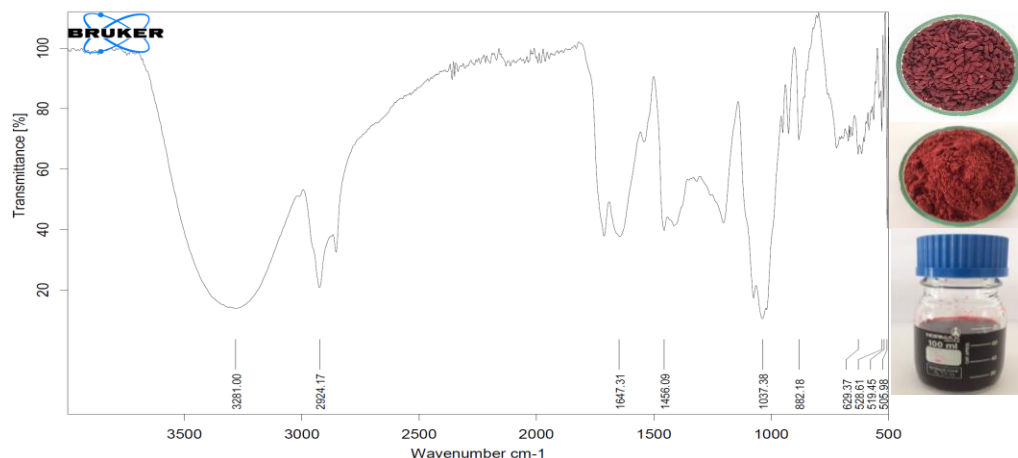
Bibit yang berusia 14 hari dipindahkan ke instalasi hidropoonik sistem NFT. Nutrisi AB mix diberikan dengan konsentrasi 1.050 hingga 1.400 mgL⁻¹.

Variabel pengamatan terdiri dari tinggi, jumlah daun, berat basah, berat kering, dan luas daun, dan morfologi stomata. Analisis data dengan *One way ANOVA* yang diuji lanjut Duncan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstrak Angkak

Ekstrak bubuk angkak dianalisa dengan gelombang elektromagnetik inframerah berdasarkan prinsip transformasi Fourier (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). Hasil dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil FTIR menunjukkan 10 panjang gelombang yang terdeteksi dengan jenis vibrasi yang berbeda yaitu OH *stretching of Al₂O₃* (3281.00 μm), CH simetri, *stretching metilen grup (-CH₂)* (2924.17 μm), C-C *stretching vibration in aromatic* (1456.09 μm), C-O (1037.38 μm), =C-H, =CH₂, NH₂ (882.18 μm), Amida sekunder N-H *wagging* (629.37 μm), C-O-Fe (528.61 μm), P-Cl (519.45 μm), S-S (505.98 μm) (Gambar 1).



Gambar 1. Hasil FTIR Ekstrak Angkak

Gugus OH mengindikasikan bahwa terdapat senyawa alkohol dan fenol yang

terkandung (Tangboriboon et al., 2012). Gugus CH merupakan indikasi kelompok

alkana. Menurut Si et al., (2015) panjang gelombang 2924.17 μ m merupakan metilen simetri. Gugus C-C mengindikasikan senyawa aromatik (Maity et al., 2008). Gugus C-O-C mengindikasikan senyawa eter (Umamaheswari et al., 2017). Gugus C-N mengindikasikan senyawa amida. Keberadaan gugus N-H dan C-O menunjukkan keberadaan pigmen *Monascus* dari rubropuctamine (C₂₁H₂₃NO₄) atau monascorubramine (C₂₃H₂₇NO₄) (Srivastav et al., 2015). Monascopyridines dilaporkan memiliki kemampuan antimitotik (Hsu et al., 2010).

Keragaman Fenotip

Keragaman fenotip dapat diamati dari membandingkan perlakuan dengan kontrol pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, berat basah, berat kering (Tabel 1 dan Gambar 2) dan stomata (Gambar 3). Data Tabel 1 menunjukkan ekstrak angkak tidak berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah helai, berat basah dan berat kering pakcoy.

Tabel 1. Keragaman Fenotip *Brassica rapa* L.

No.	Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah helai	Luas Daun (cm ²)	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)
1	P0	27.88	19	135.54 ^b	159.39	7.19
2	P1	26.48	18	116.45 ^{ab}	139.16	6.40
3	P2	24.41	19	93.34 ^a	115.09	5.61
4	P3	25.94	18	110.02 ^{ab}	139.17	6.68
5	P4	27.82	18	124.57 ^b	153.67	7.25

keterangan: P0 (kontrol), P1 (250 mgL⁻¹); P2 (500 mgL⁻¹); P3 (750 mgL⁻¹), P4 (1000 mgL⁻¹), uji lanjut Duncan tingkat kepercayaan 95%



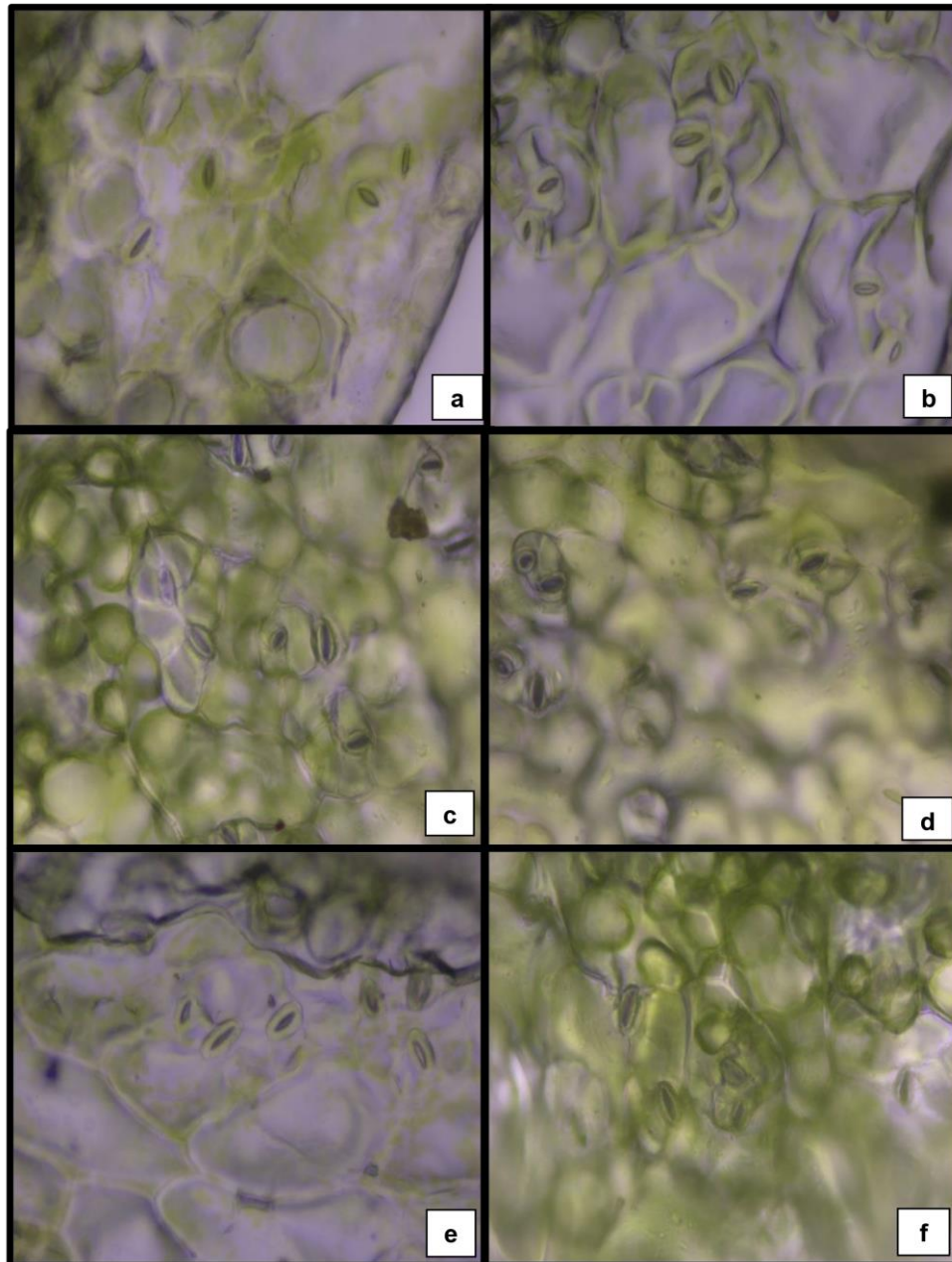
Gambar 2. Pengamatan fenotip pakcoi (*Brassica rapa*) a) Kontrol (tanpa Perlakuan); b) Perlakuan 250 mgL⁻¹; c) Perlakuan 500 mgL⁻¹; d) Perlakuan 750 mgL⁻¹; e) Perlakuan 1000 mgL⁻¹

Namun, ekstrak ini berpengaruh pada parameter luas daun. Uji lanjut parameter luas daun menunjukkan bahwa P2 berbeda nyata dengan P0 dan P4. Tetapi, P0 tidak berbeda dengan P4. Kecenderungan bahwa kontrol dan perlakuan 1000 mgL⁻¹ (P4)

memiliki rata-rata tinggi tanaman, luas daun, berat basah dan berat kering yang sama. Sedangkan rata-rata terendah pada ketiga parameter tersebut terdapat pada penambahan ekstrak 500 mgL⁻¹ (P2).

Konsentrasi perlakuan 500 mgL⁻¹ (P2) memiliki nilai yang lebih kecil pada semua parameter dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kondisi ini mengindikasikan keragaman aneuploidi yang didukung oleh gambaran stomata yang lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Gambar 3d). Menurut Henry et al., (2010)

genom individu aneuploidi mengandung kromosom set yang tidak komplit (kromosom abnormal). Beberapa penelitian memperlihatkan bahwa tanaman aneuploidi berukuran kecil seperti *Arabidopsis thalia* (Henry et al., 2010) dan padi (Wu et al., 2018).



Gambar 3. Pengamatan Stomata dengan 400x perbesaran. a) dan b) Kontrol (tanpa Perlakuan); c) Perlakuan 250 mgL⁻¹; d) Perlakuan 500 mgL⁻¹; e) Perlakuan 750 mgL⁻¹; f) Perlakuan 1000 mgL⁻¹

Stomata perlakuan 750 mgL⁻¹ (P3) dan 1000 mgL⁻¹ (P3) (Gambar 3e&f) berbentuk memanjang hingga oval, sel penjaga lebih tipis. Morfologi ini memiliki kemiripan dengan perlakuan kolkisin 750 mgL⁻¹ (Hasana, 2020), namun ukuran stomata perlakuan ini relatif lebih kecil. Menurut Tang et al., (2010) stomata merupakan salah satu metode cepat dan efektif untuk pendugaan tanaman poliploid. Penambahan ukuran stomata seiring dengan peningkatan derajat ploidy (Cho et al., 2021). Ukuran stomata tetraploid lebih besar dibandingkan diploid (Talebi et al., 2017). Secara morfologi *Adiantum radianum* yang poliploid mempunyai indeks stomata lebih sedikit tetapi mempunyai ukuran stomata lebih besar dari tumbuhan diploid (Tang et al., 2010).

Perendaman kecambah pakcoy yang berusia 24 jam selama 8 jam dalam ekstrak angkak mengindikasikan adanya poliploid dan aneuploid yang terlihat dari pengamatan stomata (Gambar 3). Ekstrak angkak dapat mengganggu siklus sel pada saat pembelahan sel. Menurut Dhooghe et al., (2011) penggandaan kromosom yang sempurna terjadi pada siklus sel antara fase S (sintesis DNA) hingga akhir fase M (mitotik) atau sebelum terjadinya sitokinesis. Setelah sel melakukan penggandaan, tahap selanjutnya sel akan mengalami pembelahan, namun zat antimitotik mencegah atau menahan peloncatan polar body II. Menurut Adisoematro (1988), kondisi ini menyebabkan terjadi nondisjungsi (gagal pisah), yaitu kondisi dimana bagian-bagian dari pasangan kromosom homolog tidak memisahkan diri pada waktu fase pembelahan meiosis I, atau kromatid saudara gagal pisah selama fase meiosis II. Menurut Kadi (2007) kondisi ini menghasilkan gamet yang menerima dua

jenis kromosom yang sama dan satu gamet tidak mendapat salinan (kopi) sama sekali.

Adanya sifat morfologi dan fisiologi yang khas dari tumbuhan poliploid sangat menunjang kelangsungan hidup di habitatnya. Stomata adalah salah satu faktor penentu yang mempengaruhi efisiensi penggunaan air. Stomata yang lebar lebih lambat merespon terhadap dehidrasi. Hal tersebut merupakan struktur dasar dalam mengurangi kehilangan air dari daun. Pengaturan turgor merupakan adaptasi penting dari tumbuhan untuk menanggulangi kekurangan air (Perwati, 2012). Sehingga tanaman poliploid memiliki Tingkat toleransi stress yang tinggi dengan mengurangi transpirasi (Cho et al., 2021).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa: (1) Ekstrak angkak berpengaruh terhadap parameter luas daun tanaman pakcoy, tetapi tidak berpengaruh terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah daun, berat kering, berat basah tanaman pakcoy; (2) Potensi poliploid pada pakcoy ditunjukkan pada konsentrasi 750 mgL⁻¹ dan 1000 mgL⁻¹ berdasarkan pengamatan morfologi stomata.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada UIN Raden Fatah Palembang yang telah membiayai penelitian ini melalui pendanaan BOPTN 2019.

Daftar Pustaka

- Adisoemarto, S. 1988. Genetika. Jilid 1. Penerbit Erlangga, Jakarta: 186 hal.
- Bae, S. J., Islam, M. M., Kim, H. Y., & Lim, K. B. (2020). Induction of tetraploidy in watermelon with oryzalin treatments. Horticultural Science and Technology,

- 38(3), 385–393.
<https://doi.org/10.7235/HORT.20200037>
- Bharati, R., Gupta, A., Novy, P., Severová, L., Šrédl, K., Žiarovská, J., & Fernández-Cusimamani, E. (2023). Synthetic polyploid induction influences morphological, physiological, and photosynthetic characteristics in *Melissa officinalis* L. *Frontiers in Plant Science*, 14(December), 1–15.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1332428>
- Cho, W. Y., Deepo, D. M., Islam, M. M., Nam, S. C., Kim, H. Y., Han, J. S., Kim, C. K., Chung, M. Y., & Lim, K. B. (2021). Induction of polyploidy in *Cucumis melo* 'chammel' and evaluation of morphological and cytogenetic changes. *Horticultural Science and Technology*, 39(5), 625–636.
<https://doi.org/10.7235/HORT.20210056>
- Dabkevičienė, G., Kemešytė, V., Statkevičiūtė, G., Lemežienė, N., & Brazauskas, G. (2017). Autopolyploids in fodder grass breeding: Induction and field performance. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 15(4).
<https://doi.org/10.5424/sjar/2017154-11357>
- Dhooghe, E., van Laere, K., Eeckhaut, T., Leus, L., & van Huylenbroeck, J. (2011). Mitotic chromosome doubling of plant tissues in vitro. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 104(3), 359–373.
<https://doi.org/10.1007/s11240-010-9786-5>
- Farawahida, A. H., Palmer, J., & Flint, S. (2022). *Monascus* spp. and citrinin: Identification, selection of *Monascus* spp. isolates, occurrence, detection and reduction of citrinin during the fermentation of red fermented rice. *International Journal of Food Microbiology*, 379(March), 109829.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109829>
- Haring, F., Farid, M., Sudirman, S., & Anshori, M. F. (2023). The Morpho-Somatic and Chromosomal Changes in Colchicine Polyploidy Induction *Colocasia esculenta* var. *Antiquorium*. *Plant Breeding and Biotechnology*, 11(2), 105–116.
<https://doi.org/10.9787/PBB.2023.11.2.105>
- Hartati, S., Samanhudi, Cahyono, O., Wibowo, A., & Afanin, H. (2023). Induction of Polyploidy Using Colchicine in Flower Buds from *Phalaenopsis* Hybrids (Vol. 2). Atlantis Press International BV.
https://doi.org/10.2991/978-94-6463-128-9_41
- Hasana, N. (2020). The Effect Of Colchicine on Phenotypes And Stomata Pakcoy (*Brassica Rapa* L) Hydroponically With The NFT (Nutrient Film Technique) System. *Jurnal Biota*, 6(1), 37–41.
<https://doi.org/10.19109/biota.v6i1.5375>
- Henry, I. M., Dilkes, B. P., Miller, E. S., Burkart-Waco, D., & Comai, L. (2010). Phenotypic consequences of aneuploidy in *Arabidopsis thaliana*. *Genetics*, 186(4), 1231–1245.
<https://doi.org/10.1534/genetics.110.121079>

- Hsu, Y. W., Hsu, L. C., Chang, C. L., Liang, Y. H., Kuo, Y. H., & Pan, T. M. (2010). New anti-inflammatory and anti-proliferative constituents from fermented red mold rice *Monascus purpureus* NTU 568. *Molecules*, 15(11), 7815–7824. <https://doi.org/10.3390/molecules15117815>
- KARA, Z., & YAZAR, K. (2022). Induction of polyploidy in grapevine (*Vitis vinifera* L.) seedlings by in vivo colchicine applications. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(2), 152–159. <https://doi.org/10.55730/1300-011x.2967>
- Knecht, A., & Humpf, H. U. (2006). Cytotoxic and antimetabolic effects of N-containing *Monascus* metabolites studied using immortalized human kidney epithelial cells. *Molecular Nutrition and Food Research*, 50(4–5), 406–412. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200500238>
- Kusdiyantini, E. (2023). Produksi dan Ekstraksi Pigmen Anka *Monascus purpureus* pada Beras IR42. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 24(2), 162–165. <https://doi.org/10.14710/bioma.24.2.162-165>
- Luo, Z., Iaffaldano, B. J., & Cornish, K. (2018). Colchicine-induced polyploidy has the potential to improve rubber yield in *Taraxacum kok-saghyz*. *Industrial Crops and Products*, 112(August 2017), 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.11.010>
- Mahardhika, W. A., Aqlinia, M., Putri, D. A., Effendi, F. S., Maherani, V. F. A., & Listiyowati, S. (2022). *Monascus* sp. Pigment Potency as Simple Preservative in Food Ingredients. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(3), 781–786. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i3.3761>
- Mahardika, G. B., Nahara, A. R., & Gunawan, S. (2022). Titik Kritis Halal Olahan Natural Products sebagai Bahan Aditif Pangan. *Halal Research Journal*, 2(2), 112–119. <https://doi.org/10.12962/j22759970.v2i2.424>
- Maity, P., Kasisomayajula, S. V., Parameswaran, V., Basu, S., & Gupta, N. (2008). Improvement in surface degradation properties of polymer composites due to pre-processed nanometric alumina fillers. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 15(1), 63–72. <https://doi.org/10.1109/T-DEI.2008.4446737>
- Niazian, M., & Nalouisi, A. M. (2020). Artificial polyploidy induction for improvement of ornamental and medicinal plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 142(3), 447–469. <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01888-1>
- Pamungkas, E. M. P., Dewi, L., & Tapilouw, M. C. (2022). Penambahan angkak (*Monascus purpureus*) pada tempe dalam peningkatan antioksidan. *Teknologi Pangan : Media Informasi Dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 13(2), 144–155. <https://doi.org/10.35891/tp.v13i2.2923>
- Perwati, L. K. (2012). Analisis Derajat Ploidi dan Pengaruhnya Terhadap Variasi Ukuran Stomata dan Spora pada *Adiantum raddianum*. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 11(2), 39.

- <https://doi.org/10.14710/bioma.11.2.39-44>
- Pravitasari, A. D., & Milanda, T. (2020). Fermentasi dan Karakterisasi Berbagai Zat Warna *Monascus* yang diisolasi dari Angkak. *Farmaka*, 18(1), 78–83.
- Puspita, D., Lestario, L. N., & Al-janati, F. H. (2023). Analisa Pigmen *Monascus* sp yang Ditumbuhkan pada Berbagai Varietas Beras. *Journal Science of Biodiversity*, 4(1), 6–11. <https://doi.org/10.32938/jsb/vol4i1pp6-11>
- Sesanti, R. N., & Sismanto. (2016). Pertumbuhan Dan Hasil Pakchoi (*Brassicca rapa* L.) Pada Dua Sistem Hidroponik Dan Empat Jenis Nutrisi. *Kelitbangan*, 04(01), 1–8.
- Si, J., Yuan, T. Q., & Cui, B. K. (2015). Exploring strategies for adsorption of azo dye Congo Red using free and immobilized biomasses of *Trametes pubescens*. *Annals of Microbiology*, 65(1), 411–421. <https://doi.org/10.1007/s13213-014-0874-3>
- Srianta, I., Zubaidah, E., Estiasih, T., Yamada, M., & Harijono. (2016). Comparison of *Monascus purpureus* growth, pigment production and composition on different cereal substrates with solid state fermentation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 7, 181–186. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.05.011>
- Srivastav, P., Yadav, V. K., Govindasamy, S., & Chandrasekaran, M. (2015). Red pigment production by *Monascus purpureus* using sweet potato-based medium in submerged fermentation. *Nutrafoods*, 14(3), 159–167. <https://doi.org/10.1007/s13749-015-0032-y>
- sudirman, Amier, N., & Rahmat, I. S. (2022). The Morphology Character of Japanese Taro (*Colocasia esculenta* var . *Antiquorum*) In Induction of Polyploidization Mutations In Vitro : A Case Study of Increased Concentration and Duration of Immersion of Colchicine Mutagens. *International Journal of Applied Biology*, 6(1), 93–103.
- Talebi, S. F., Saharkhiz, M. J., Kermani, M. J., Sharafi, Y., & Raouf Fard, F. (2017). Effect of different antimetabolic agents on polyploid induction of anise hyssop (*Agastache foeniculum* L.). *Caryologia*, 70(2), 184–193. <https://doi.org/10.1080/00087114.2017.1318502>
- Tang, Z. Q., Chen, D. L., Song, Z. J., He, Y. C., & Cai, D. T. (2010). In vitro induction and identification of tetraploid plants of *Paulownia tomentosa*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 102(2), 213–220. <https://doi.org/10.1007/s11240-010-9724-6>
- Tangboriboon, N., Chaisakrenon, S., Banchong, A., Kunanuruksapong, R., & Sirivat, A. (2012). Mechanical and electrical properties of alumina/natural rubber composites. *Journal of Elastomers and Plastics*, 44(1), 21–41. <https://doi.org/10.1177/0095244311416579>
- Umamaheswari, S., Malkar Oli, S., & Naveena, K. (2017). FTIR spectral

- and microarchitectural analysis of cellulose produced by *Lactococcus lactis* under agitated condition. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 11(4), 1965–1971. <https://doi.org/10.22207/JPAM.11.4.38>
- Wang, F., Zhuo, X., Arslan, M., Ercisli, S., Chen, J., Liu, Z., Lan, S., & Peng, D. (2023). In Vitro Induction of Polyploidy by Colchicine in the Protocorm of the Orchid *Dendrobium wardianum* Warner. *HortScience*, 58(11), 1368–1375. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI17355-23>
- Wiendra, N. M. S., & Pharmawati, M. (2019). Morphological and Anatomical Changes by Cochicine in Seedling of *Impatiens balsamina* L. *Advances in Tropical Biodiversity and Environmental Sciences*, 3(2), 33. <https://doi.org/10.24843/atbes.2019.v03.i02.p04>
- Wu, J., Zhou, Q., Sang, Y., Zhao, Y., Kong, B., Li, L., Du, J., Ma, L., Lu, M., & Zhang, P. (2023). In vitro induction of tetraploidy and its effects on phenotypic variations in *Populus hopeiensis*. *BMC Plant Biology*, 23(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04578-0>
- Wu, Y., Sun, Y., Sun, S., Li, G., Wang, J., Wang, B., Lin, X., Huang, M., Gong, Z., Sanguinet, K. A., Zhang, Z., & Liu, B. (2018). Aneuploidization under segmental allotetraploidy in rice and its phenotypic manifestation. *Theoretical and Applied Genetics*, 131(6), 1273–1285. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3077-7>
- Xie, N., Zhao, Y., Huang, M., Chen, C., Cao, C., Wang, J., Shi, Z., & Gao, J. (2024). Polyploid Induction and Identification of *Begonia* × *benariensis*. *Horticulturae*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010047>
- Yuliana, A. (2018). Isolasi Zat Warna Baru *Monascus purpureus* Dari Hasil Fermentasi Padat Dengan Beras Sebagai Substrat. *Journal of Pharmacopolium*, 1(1), 178–185. <https://doi.org/10.36465/jop.v1i1.391>