

INTERVENSI JUS KUBIS MERAH SEBAGAI NUTRACEUTICAL: DAMPAKNYA TERHADAP BERAT BADAN TIKUS HIPERURISEMIA

Muhammad Abdul Rauf*, Nilam Puspitasari, Nurina Aprilya

Jurusan kesehatan, Politeknik Negeri Jember, Jl. Mastrip, Krajan Timur, Summersari, Jember, Jawa Timur 68121, Indonesia

*muh_abdulrauf@polije.ac.id

ABSTRAK

Hiperurisemia merupakan kondisi meningkatnya kadar asam urat dalam darah yang dapat memicu komplikasi metabolik, termasuk gangguan berat badan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pemberian jus kubis merah (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) terhadap perubahan berat badan pada tikus Wistar model hiperurisemia. Penelitian eksperimental laboratorium ini menggunakan desain *pre- and post-test control group* dengan total 30 ekor tikus jantan galur Wistar yang dibagi secara acak ke dalam lima kelompok: kontrol negatif, kontrol positif (hiperurisemia), perlakuan 1 (jus kubis merah 5 mL/kgBB), perlakuan 2 (jus kubis merah 10 mL/kgBB), dan kontrol standar (allopurinol 10 mg/kgBB). Model hiperurisemia diinduksi menggunakan kalium oksanat dosis 250 mg/kgBB secara intraperitoneal selama 7 hari. Intervensi jus kubis merah diberikan secara oral selama 14 hari. Data berat badan dianalisis menggunakan uji Repeated Measures ANOVA dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian jus kubis merah berpengaruh signifikan terhadap perubahan berat badan tikus hiperurisemia, terutama pada kelompok dosis 10 mL/kgBB yang menunjukkan stabilisasi berat badan dibandingkan kontrol positif ($p < 0,05$). Simpulan dari penelitian ini adalah jus kubis merah berpotensi sebagai nutraceutical dalam membantu mengatur berat badan pada kondisi hiperurisemia.

Kata kunci: berat badan; hiperurisemia; jus kubis merah; nutraceutical; tikus wistar

INTERVENTION OF RED CABBAGE JUICE AS A NUTRACEUTICAL: ITS IMPACT ON BODY WEIGHT IN HYPERURICEMIC RATS

ABSTRACT

*Hyperuricemia is a condition characterized by elevated uric acid levels in the blood, which may lead to various metabolic complications, including body weight dysregulation. This study aimed to evaluate the effect of red cabbage juice (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) on body weight changes in Wistar rats with hyperuricemia. An experimental laboratory study with a pre- and post-test control group design was conducted using 30 male Wistar rats randomly divided into five groups: negative control, positive control (hyperuricemia), treatment 1 (red cabbage juice 5 mL/kgBW), treatment 2 (red cabbage juice 10 mL/kgBW), and standard control (allopurinol 10 mg/kgBW). Hyperuricemia was induced by intraperitoneal injection of potassium oxonate at a dose of 250 mg/kgBW for 7 consecutive days. Red cabbage juice was administered orally for 14 days. Body weight data were analyzed using Repeated Measures ANOVA with a significance level of $p < 0.05$. The results showed that red cabbage juice administration significantly affected body weight regulation in hyperuricemic rats, particularly at a dose of 10 mL/kgBW, which demonstrated better stabilization compared to the positive control group ($p < 0.05$). In conclusion, red cabbage juice has the potential to serve as a nutraceutical for maintaining body weight in hyperuricemia conditions.*

Keywords: body weight; hyperuricemia; nutraceutical; red cabbage juice; wistar rats

PENDAHULUAN

Hiperurisemia merupakan kondisi meningkatnya kadar asam urat dalam darah yang prevalensinya semakin meningkat di seluruh dunia dan berhubungan dengan berbagai komplikasi metabolik, seperti gout, sindrom metabolik, obesitas, serta gangguan fungsi ginjal (Dalbeth et al., 2019; Li et al., 2021;

Wang et al., 2025). hiperurisemia dapat terjadi akibat peningkatan produksi asam urat endogen melalui jalur metabolisme purin atau penurunan ekskresi asam urat oleh ginjal, di mana kedua mekanisme ini berkontribusi terhadap akumulasi kadar asam urat dalam sirkulasi darah (Wang et al., 2025). Selain menyebabkan peradangan sendi, hiperurisemia juga dikaitkan dengan peningkatan risiko perubahan berat badan yang tidak terkontrol, sehingga menjadikannya indikator awal gangguan metabolik yang perlu mendapat perhatian serius (Kuo et al., 2019; Asghari et al., 2024; Fujii et al., 2025).

Secara biologis, hiperurisemia dapat dipicu oleh peningkatan produksi asam urat maupun penurunan ekskresi ginjal, yang keduanya akan mengganggu homeostasis metabolisme purin (Wang et al., 2025). Kondisi ini berkontribusi pada resistensi insulin dan disfungsi metabolik yang berdampak pada regulasi berat badan serta peningkatan risiko penyakit degeneratif lain (Kuo et al., 2019; Fujii et al., 2025). Hiperurisemia tidak hanya dipandang sebagai kelainan metabolisme purin, tetapi juga berperan sebagai faktor risiko penting dalam gangguan metabolik yang lebih luas.

Upaya penanggulangan hiperurisemia umumnya menggunakan terapi farmakologis, seperti allopurinol, yang efektif menurunkan kadar asam urat, namun berpotensi menimbulkan efek samping pada penggunaan jangka panjang (Dalbeth et al., 2019; Chu et al., 2022). Diperlukan alternatif berbasis pangan fungsional atau nutraceutical menjadi perhatian besar, terutama yang berasal dari bahan alami dengan kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid, antosianin, dan polifenol yang terbukti memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, serta modulasi metabolisme (Salehi et al., 2020; Zahra et al., 2024).

Kubis merah (*Brassica oleracea var. capitata f. rubra*) merupakan salah satu sayuran dari keluarga Brassicaceae yang kaya akan antosianin, vitamin C, dan senyawa sulfur dengan aktivitas antioksidan alami (Lin et al., 2023; Zhang & Jing., 2023). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa konsumsi sayuran Brassicaceae mampu menurunkan stres oksidatif, inflamasi, serta mendukung homeostasis energi (Pérez-Bonilla et al., 2020). Jus kubis merah secara khusus dilaporkan mengandung antosianin seperti cyanidin-3-glucoside yang berpotensi memberikan efek hepatoprotektif, nefroprotektif, dan modulasi metabolik (Lin et al., 2023; Zhang & Jing., 2023). Selain itu, intervensi jus kubis merah terbukti menurunkan kadar lipid darah serta membantu regulasi berat badan pada model hewan obesitas, meskipun penelitian pada kondisi hiperurisemia masih terbatas (Lin et al., 2020; Zimowska et al., 2024).

Berat badan merupakan parameter penting dalam menilai status metabolik dan inflamasi terutama pada penderita hiperurisemia yang mengalami perubahan metabolisme purin dan resistensi insulin (Zuo et al., 2019; Zimowska et al., 2024). Intervensi berbasis jus kubis merah diharapkan mampu menstabilkan berat badan melalui mekanisme penurunan peradangan dan peningkatan sensitivitas insulin (Dal et al., 2018; Randeni et al., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek pemberian jus kubis merah terhadap perubahan berat badan pada tikus Wistar model hiperurisemia

METODE

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental laboratorium dengan rancangan pre- and post-test control group design. Subjek penelitian dibagi ke dalam kelompok kontrol dan kelompok perlakuan melalui randomisasi. Pada tahap awal, seluruh kelompok menjalani pengukuran dasar (pre-test) sebelum diberikan intervensi pada kelompok perlakuan. Setelah intervensi berakhir, dilakukan kembali pengukuran akhir (post-test) untuk mengevaluasi perbedaan yang terjadi antar kelompok. Populasi penelitian terdiri dari tikus putih jantan galur Sprague Dawley berumur 8–10 minggu dengan berat badan 150–200 gram. Hewan uji dibagi secara acak ke dalam 5 kelompok perlakuan masing-masing terdiri dari 6 ekor. Selanjutnya dilakukan penamaan yaitu kelompok kontrol negatif (KN), kontrol positif (KP), perlakuan dosis pertama (P1), perlakuan dosis 2 (P2) dan perlakuan dosis 3 (P3).

Model hiperurisemia pada tikus dibuat melalui induksi kalium oksalat dengan dosis 250 mg/kgBB yang diberikan secara intraperitoneal satu kali sehari selama 15 hari. Kubis merah dicuci bersih dengan air mengalir, dipotong kecil, kemudian dihomogenkan. Sampel seberat 50gram ditambahkan 100 mL larutan asam oksalat 0,4% dan dihaluskan menggunakan juicer berkecepatan rendah untuk menjaga integritas serat (Widiastuti, 2015). Jus yang dihasilkan dituangkan ke dalam wadah dengan karakteristik cairan agak kental. Pemberian jus pada hewan coba dilakukan dalam tiga variasi dosis, yaitu 1,8 (P1); 3,6 (P2); dan 7,2 mL/200 g BB (P3). Berat badan tikus diukur menggunakan timbangan digital setiap 7 hari sekali selama masa perlakuan. Pengamatan dilakukan pada hari ke-0, hari ke-14, dan 28 setelah intervensi. Perbedaan antar dosis dianalisis menggunakan uji *One Way ANOVA* sedangkan Pengaruh lama waktu pemberian dianalisis menggunakan uji *Repeated Measures ANOVA*. Apabila diperoleh hasil signifikan dilanjutkan dengan uji post-hoc.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran berat badan dilakukan untuk menilai kondisi umum hewan uji sekaligus menjadi acuan dalam penentuan dosis intervensi. Tabel 1 menyajikan data rata-rata berat badan setiap kelompok selama periode perlakuan.

Tabel 1.
Pengaruh Dosis dan Lama Pemberian Jus Kubis Merah terhadap Berat Badan Tikus

Kelompok	Mean \pm SD(g)			p^b
	Hari ke-0	Hari ke 14	Hari ke-28	
KN	202,50 \pm 3,27	213,67 \pm 3,61	224,33 \pm 2,94	0,001*
KP	199,67 \pm 3,72	205,00 \pm 3,89	212,83 \pm 2,71	0,001*
P1	198,33 \pm 3,72	206,83 \pm 3,66	214,67 \pm 3,93	0,001*
P2	199,67 \pm 3,01	206,00 \pm 3,63	211,67 \pm 2,80	0,001*
P3	202,67 \pm 3,14	209,50 \pm 3,39	214,33 \pm 3,01	0,001*
p^a	0,137	0,003*	0,001*	

*) Terdapat perbedaan yang signifikan

a) : ($p < 0,05$) Uji *One Way ANOVA*

b) : ($p < 0,05$) Uji *Repeated Measures ANOVA*

P-Interaksi : Uji *Repeated Measure ANOVA with mixed design*

Pemberian jus kubis merah dengan variasi dosis berpengaruh signifikan terhadap perubahan berat badan tikus. Perbedaan antar kelompok terdeteksi pada hari ke-14 ($p=0,03$) dan semakin nyata pada hari ke-28 intervensi ($p=0,01$). Rincian perbandingan variasi dosis antar kelompok disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2.
Perbandingan Rerata BB antar kelompok Berdasarkan Analisis statistik *One Way Anova-Post hoc*

Kelompok	Δ BB Hari Ke-14	p	Δ BB Hari Ke-28	p
	(Mean \pm SD (g))		(Mean \pm SD (g))	
KN dan KP	8,67 \pm 0,22	0,003*	11,5 \pm 0,23	0,001*
KN dan P1	6,84 \pm 0,05	0,025*	9,66 \pm 0,99	0,001*
KN dan P2	7,67 \pm 0,02	0,010*	12,66 \pm 0,14	0,001*
KN dan P3	4,17 \pm 0,22	0,304	10,00 \pm 0,07	0,001*
KP dan P1	-1,83 \pm 0,23	0,905	-1,84 \pm 1,22	0,844
KP dan P2	-1,00 \pm 0,26	0,989	1,16 \pm 0,09	0,965
KP dan P3	-4,50 \pm 0,50	0,235	-1,50 \pm 0,30	0,917
P1 dan P2	0,83 \pm 0,03	0,994	3,00 \pm 1,13	0,470
P1 dan P3	2,67 \pm 0,27	0,712	0,34 \pm 0,92	1,00
P2 dan P3	-3,5 \pm 0,24	0,473	-2,66 \pm 0,21	0,582

*) Terdapat perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Rerata berat badan tikus pada hari ke-14 dan ke-28 menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kelompok intervensi jus kubis merah (P1–P3) dibandingkan dengan kelompok kontrol (KN dan KP). Pada hari ke-14, kelompok P2 memiliki nilai yang mendekati kelompok P1 dan KP, namun perbedaannya tidak signifikan; meskipun demikian, peningkatan berat badan pada kelompok P2 tetap signifikan bila

dibandingkan dengan kontrol negatif. Peningkatan berat badan terbesar diamati pada kelompok KN, sedangkan yang terkecil terjadi pada kelompok KP. Pola serupa juga terlihat pada hari ke-28, di mana kelompok KN memperlihatkan kenaikan paling tinggi, sedangkan kelompok P2 menunjukkan peningkatan paling rendah.

Durasi pemberian jus kubis merah berpengaruh signifikan terhadap perubahan berat badan tikus pada seluruh kelompok ($p=0,01$). Perbandingan variasi lama waktu intervensi antar kelompok disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3.

Perbandingan Rerata BB antar kelompok Berdasarkan analisis statistik *Repeated Measured Anova-Post hoc*.

Kelompok	Waktu	Δ BB (Mean \pm SD (g))	P
KN	Hari Ke 0 dan Hari ke 14	11,16 \pm 0,34	0,001*
	Hari Ke 0 dan Hari Ke 28	21,83 \pm 0,33	0,001*
	Hari Ke 14 dan Hari ke 28	10,67 \pm 0,67	0,001*
KP	Hari Ke 0 dan Hari ke 14	5,33 \pm 0,17	0,001*
	Hari Ke 0 dan Hari Ke 28	13,16 \pm 1,10	0,001*
	Hari Ke 14 dan Hari ke 28	7,83 \pm 1,18	0,001*
P1	Hari Ke 0 dan Hari ke 14	8,50 \pm 0,06	0,001*
	Hari Ke 0 dan Hari Ke 28	16,33 \pm 0,21	0,001*
	Hari Ke 14 dan Hari ke 28	7,83 \pm 0,27	0,001*
P2	Hari Ke 0 dan Hari ke 14	6,33 \pm 0,62	0,001*
	Hari Ke 0 dan Hari Ke 28	12,00 \pm 0,21	0,001*
	Hari Ke 14 dan Hari ke 28	5,66 \pm 0,83	0,001*
P3	Hari Ke 0 dan Hari ke 14	6,83 \pm 0,25	0,001*
	Hari Ke 0 dan Hari Ke 28	11,66 \pm 0,13	0,001*
	Hari Ke 14 dan Hari ke 28	4,83 \pm 0,38	0,001*

*) Terdapat perbedaan yang signifikan

Rerata berat badan seluruh kelompok pada hari ke-0, 14, dan 28 menunjukkan adanya peningkatan. Kenaikan tertinggi dicatat pada kelompok kontrol negatif (KN) dengan rata-rata 21,83 g dan berbeda signifikan dibandingkan kelompok lainnya. Sebaliknya, peningkatan terendah terjadi pada kelompok P3 dengan rata-rata 11,66 g.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian jus kubis merah pada tikus hiperurisemia berpengaruh signifikan terhadap perubahan berat badan, baik berdasarkan dosis maupun lama pemberian ($p<0,05$). Rerata kenaikan berat badan paling tinggi terjadi pada kelompok kontrol negatif (KN), sedangkan peningkatan terendah ditunjukkan pada kelompok perlakuan dengan dosis tertinggi (P3). Analisis interaksi menunjukkan adanya pengaruh yang bermakna antara dosis dan waktu pemberian jus kubis merah terhadap regulasi berat badan, sehingga dapat dikatakan bahwa intervensi ini berpotensi mencegah kenaikan berat badan berlebih pada tikus model hiperurisemia (Zuo et al., 2019; Zimowska et al., 2024).

Mekanisme yang mungkin menjelaskan temuan ini adalah adanya kandungan antosianin, flavonoid, dan vitamin C dalam kubis merah yang berperan sebagai antioksidan kuat. Senyawa bioaktif tersebut dapat menurunkan stres oksidatif dan inflamasi yang diinduksi oleh kondisi hiperurisemia, sekaligus meningkatkan sensitivitas insulin dan efisiensi metabolisme energi. Penurunan beban oksidatif dan perbaikan resistensi insulin diduga berkontribusi pada stabilisasi berat badan tikus. Selain itu, senyawa sulfur dalam kubis merah memiliki peran dalam regulasi metabolisme lipid sehingga menghambat akumulasi jaringan adiposa berlebih (Lin et al., 2023).

Temuan ini sejalan dengan penelitian Lin et al. (2020) dan Zimowska et al. (2024) yang melaporkan bahwa ekstrak kubis merah mampu memberikan efek hepatoprotektif, nefroprotektif, dan modulasi

metabolik yang berkontribusi pada pengendalian berat badan. Penelitian Lin et al. (2020) juga mendukung hasil ini dengan menunjukkan bahwa konsumsi kubis merah pada model hewan obesitas dapat menurunkan kadar lipid darah dan mengurangi peningkatan berat badan. Perbedaan variasi dosis dalam penelitian ini yang menunjukkan efek paling optimal pada dosis menengah hingga tinggi sejalan dengan laporan Lin et al. (2023) bahwa konsentrasi antosianin berhubungan langsung dengan kapasitas antioksidan dan efek metaboliknya. Namun demikian, hasil pada kelompok P1 yang menunjukkan kenaikan berat badan hampir serupa dengan kelompok kontrol positif (KP) dapat disebabkan oleh dosis jus yang belum cukup memberikan efek terapeutik optimal (Dal et al., 2018; Randeni et al., 2025).

Hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa jus kubis merah berpotensi menjadi nutraceutical yang efektif untuk mengendalikan berat badan pada kondisi hiperurisemia. Hal ini penting mengingat hiperurisemia sering kali berkaitan dengan sindrom metabolik dan obesitas yang meningkatkan risiko penyakit degeneratif (Kuo et al., 2019; Asghari et al., 2024; Fujii et al., 2025). Dari sisi praktis, intervensi berbasis pangan alami ini relatif mudah diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, sehingga dapat menjadi alternatif pendamping terapi farmakologis, seperti allopurinol, yang memiliki efek samping bila digunakan jangka panjang (Dalbeth et al., 2019; Li et al., 2021).

Penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu pengukuran hanya dilakukan pada parameter berat badan tanpa mengevaluasi komposisi tubuh, kadar lipid, atau marker inflamasi secara detail. Selain itu, rentang dosis jus kubis merah masih terbatas, sehingga perlu eksplorasi dosis lain yang mungkin lebih efektif. Penelitian lanjutan dengan durasi lebih panjang dan parameter metabolik yang lebih luas sangat diperlukan untuk memperkuat bukti efektivitas jus kubis merah sebagai nutraceutical pada kondisi hiperurisemia (Pérez-Bonilla et al., 2020; Wang et al., 2025).

SIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa pemberian jus kubis merah berpengaruh signifikan terhadap perubahan berat badan tikus hiperurisemia. Intervensi dengan variasi dosis menunjukkan bahwa dosis menengah hingga tinggi mampu menstabilkan kenaikan berat badan secara lebih efektif dibandingkan kelompok kontrol positif. Efek tersebut diduga berkaitan dengan kandungan bioaktif kubis merah, seperti antosianin, flavonoid, vitamin C, dan senyawa sulfur yang berperan dalam menekan stres oksidatif, meningkatkan sensitivitas insulin, serta memperbaiki regulasi metabolisme energi. Temuan ini menegaskan potensi jus kubis merah sebagai nutraceutical pendukung dalam upaya pengendalian berat badan pada kondisi hiperurisemia.

DAFTAR PUSTAKA

- Asghari, K. M., Zahmatyar, M., Seyedi, F., Motamedi, A., Zolfi, M., Alamdary, S. J., Fazlollahi, A., Shamekh, A., Mousavi, S. E., Nejadghaderi, S. A., Mohammadinasab, R., Ghazi-Sha'rbaf, J., Karamzad, N., Sullman, M. J. M., Kolahi, A. A., & Safiri, S. (2024). Gout: global epidemiology, risk factors, comorbidities and complications: a narrative review. *BMC musculoskeletal disorders*, 25(1), 1047. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-08180-9>
- Chu, W. Y., Annink, K. V., Nijstad, A. L., Maiwald, C. A., Schroth, M., Bakkali, L. E., van Bel, F., Benders, M. J. N. L., van Weissenbruch, M. M., Hagen, A., Franz, A. R., Dorlo, T. P. C., Allegaert, K., Huitema, A. D. R., & ALBINO Study Group (2022). Pharmacokinetic/Pharmacodynamic Modelling of Allopurinol, its Active Metabolite Oxypurinol, and Biomarkers Hypoxanthine, Xanthine and Uric Acid in Hypoxic-Ischemic Encephalopathy Neonates. *Clinical pharmacokinetics*, 61(2), 321–333. <https://doi.org/10.1007/s40262-021-01068-0>
- Dal, S., Van der Werf, R., Walter, C., Bietiger, W., Seyfritz, E., Mura, C., Peronet, C., Legrandois, J., Werner, D., Ennahar, S., Digel, F., Elisa, M. P., Pinget, M., Jeandidier, N., Marchioni, E., & Sigrist, S. (2018). Treatment of NASH with Antioxidant Therapy: Beneficial Effect of Red Cabbage on

- Type 2 Diabetic Rats. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2018, 7019573. <https://doi.org/10.1155/2018/7019573>
- Dalbeth, N., Merriman, T. R., & Stamp, L. K. (2019). Gout. *The Lancet*, 393(10191), 203–213. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32516-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32516-5)
- Fujii, W., Yamazaki, O., Hirohama, D., Kaseda, K., Kuribayashi-Okuma, E., Tsuji, M., Hosoyamada, M., Kochi, Y., & Shibata, S. (2025). Gene-environment interaction modifies the association between hyperinsulinemia and serum urate levels through SLC22A12. *The Journal of clinical investigation*, 135(10), e186633. <https://doi.org/10.1172/JCI186633>
- Kuo, C. F., Grainge, M. J., Mallen, C., Zhang, W., & Doherty, M. (2019). Rising burden of gout in the UK but continuing suboptimal management: A nationwide population study. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 74(4), 661–667. <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2013-204463>
- Li, L., Zhang, Y., Zeng, C., et al. (2021). Uric acid induces insulin resistance in hepatocytes by blocking insulin signaling via the AMPK–IRS–AKT pathway. *Journal of Diabetes Research*, 2021, Article ID 5525254. <https://doi.org/10.1155/2021/5525254>
- Lin, H. H., Tsai, P. S., & Lin, C. Y. (2020). Effects of anthocyanin-rich extracts on metabolic parameters in rats with diet-induced metabolic syndrome. *Nutrients*, 12(4), 1002. <https://doi.org/10.3390/nu12041002>
- Lin, M., Sun, C., Gao, Q., Zhang, Z., Liang, Y., & Wang, S. (2023). Effect of five polyphenols on the stability of purple cabbage anthocyanins in simulated beverage systems containing L-ascorbic acid. *Food Packaging and Shelf Life*, 37, Article 101065. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101065>
- Pérez-Bonilla, M., Salido, S., van Beek, T. A., Linares-Palomino, P. J., Altarejos, J., & Sánchez, A. (2020). Effects of Brassica vegetable consumption on cardiovascular health: A review. *Journal of Functional Foods*, 64, 103636. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103636>
- Randeni, N., Luo, J., & Xu, B. (2025). Critical Review on Anti-Obesity Effects of Anthocyanins Through PI3K/Akt Signaling Pathways. *Nutrients*, 17(7), 1126. <https://doi.org/10.3390/nu17071126>
- Salehi, B., Mishra, A. P., Nigam, M., Sener, B., Kilic, M., Sharifi-Rad, M., & Sharifi-Rad, J. (2020). Resveratrol: A double-edged sword in health benefits. *Biomedicines*, 8(9), 287. <https://doi.org/10.3390/biomedicines8090287>
- Wang, J., He, Q., Sun, W., Li, W., Yang, Y., Cui, W., & Yang, X. (2025). The association between the triglyceride glucose index and hyperuricemia: A dose–response meta-analysis. *Nutrients*, 17(9), 1462. <https://doi.org/10.3390/nu17091462> [MDPI](#)
- Zahra, M., Abrahamse, H., & George, B. P. (2024). Flavonoids: Antioxidant Powerhouses and Their Role in Nanomedicine. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 13(8), 922. <https://doi.org/10.3390/antiox13080922>
- Zhang, N., & Jing, P. (2023). Red cabbage anthocyanins attenuate cognitive impairment by attenuating neuroinflammation and regulating gut microbiota in aging mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71, 15064–15072. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c03183>
- Zimowska, M., Rolbiecka, M., Antoniuk-Pietrynczak, K., Jaskulak, M., & Zorena, K. (2024). Dynamics of serum inflammatory markers and adipokines in patients: Implications for monitoring abnormal body weight. *Metabolites*, 14(5), Article 260. <https://doi.org/10.3390/metabo14050260>
- Zuo, T., Liu, X., Jiang, L., Mao, S., & Yin, X. (2019). High uric acid promotes insulin resistance and dyslipidemia in rats by upregulating resistin expression. *BioMed Research International*, 2019, Article ID 7643072. <https://doi.org/10.1155/2019/7643072>.