

Analisis Kandungan Zat Gizi, Fenol, Flavonoid, Fitat, dan Tanin pada Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Adnan Nur Avif¹, Aptika Oktaviana Trisna Dewi²

^{1,2} Program Studi Farmasi, Politeknik Indonusa Surakarta, Surakarta, Indonesia
Email: adnan@poltekindonusa.ac.id

Abstract

This research studied the nutrition, phenols, flavonoids, phytates, and tannins of kawali and bioguma sorghum. The samples were obtained from marketplaces harvested in East Nusa Tenggara. Analysis of nutrients in sorghum includes tests for water content (gravimetry), ash (ashing), fat (soxhlet), crude fiber (enzymatic), and protein (kjeldahl). The water content, protein, fat, ash, and crude fiber content in the Kawali variety was relatively higher than in the Bioguma variety. Still, the carbohydrate content (by difference) was lower, namely 72.92% and 77.47% for the Bioguma variety. Phytate content (403.95 vs. 105.59) mg/100g, phenolics (1519.88 vs. 591.76) mg/100g, tannins (611.50 vs. 155.35) mg/100g, and flavonoids (42.45 vs. 10.52) mg/100g in kawali sorghum are almost four times higher than the bioguma variety. Two varieties of sorghum have different appearances and nutritional contents. The Kawali variety of sorghum has higher phenol, flavonoid, tannin, and phytate content than the Bioguma variety.

Keyword: *phenols, phytates, flavonoids, sorghum, tannins, nutrition*

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kandungan zat gizi, fenol, flavonoid, fitat, dan tanin dari sorgum jenis kawali dan bioguma. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari lokapasar yang dipanen di Nusa Tenggara Timur. Analisis zat gizi dalam sorgum meliputi uji kadar air (gravimetri), abu (pengabuan), lemak (soxhlet), serat kasar (enzimatis), dan protein (kjeldahl). Analisis komponen non gizi meliputi fitat, fenolik, tanin, dan flavonoid dengan metode spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan air, protein, lemak, abu, dan serat kasar dalam varietas kawali relatif lebih tinggi dibandingkan dengan varietas bioguma. Adapun kadar karbohidrat (*by difference*) lebih rendah yaitu sebesar 72,92% dan 77,47% untuk varietas Bioguma. Kadar senyawa fitat (403,95 vs 105,59) mg/100g, fenolik (1519,88 vs 591,76) mg/100g, tanin (611,50 vs 155,35) mg/100g dan flavonoid (42,45 vs 10,52) mg/100g dalam sorgum kawali lebih tinggi hampir empat kali lipat dibanding varietas bioguma. Kedua varietas sorgum tersebut memiliki penampilan dan kandungan zat gizi yang berbeda. Sorgum varietas kawali memiliki kandungan fenol, flavonoid, tanin, dan fitat yang lebih tinggi dibandingkan varietas bioguma.

Kata kunci: *fenol, fitat, flavonoid, sorgum, tanin, zat gizi*

PENDAHULUAN

Permintaan komoditas gandum di Indonesia relatif tinggi seiring dengan peningkatan konsumsi makanan olahan yang terbuat dari gandum, seperti pasta, roti, dan kue. Untuk memenuhi permintaan tersebut, Indonesia perlu mengimpor gandum karena rendahnya produksi gandum. Kondisi ini membuat Indonesia sangat bergantung pada pasokan gandum dari luar negeri (Soesilowati, 2020). Pemerintah Indonesia melaksanakan program diversifikasi pangan melalui Kementerian Pertanian. Diharapkan melalui program ini konsumsi pangan masyarakat Indonesia semakin terdiversifikasi dan tidak selalu bergantung pada beras dan gandum (Gardjitoe *et al.*, 2013).

Gandum memiliki kandungan zat gizi yang baik dan kandungan gluten yang cukup untuk membuat tekstur roti yang khas tanpa tercampur dengan biji-bijian lain (Wieser *et al.*, 2020). Di sisi lain, gluten merupakan bahan yang berbahaya bagi penderita penyakit *celiac*. Penyakit ini menyebabkan kerusakan pada lapisan usus halus sehingga mengganggu proses penyerapan nutrisi seperti kalsium, asam folat, zat besi dan vitamin (A, D, E, K) (Shewry, 2019 & Verma, 2021). Selain itu tepung terigu mengandung glukosa dan indeks glikemik yang tinggi, sehingga tidak cocok dikonsumsi oleh penderita diabetes (Ijarotimi *et al.*, 2021). Oleh karena itu, beberapa penelitian telah mengembangkan alternatif bahan pangan pengganti gandum (Kumara & Purwani, 2017; Arzaqina *et al.*, 2021; Meisara *et al.*, 2021).

Salah satu alternatif bahan pangan yang juga dapat dikembangkan dalam program diversifikasi adalah sorgum. Sorgum dapat tumbuh subur di daerah kering yang banyak terdapat di sebagian wilayah Indonesia. Di Indonesia, sorgum telah digunakan sebagai bahan baku pembuatan berbagai olahan makanan, tetapi jumlahnya masih terbatas (Sutrisna *et al.*, 2013). Keterbatasan ini dipengaruhi oleh jumlah produksi dan bahan yang kurang populer di masyarakat (Gupito *et al.*, 2016). Sorgum sebagai bahan pangan memiliki potensi karena komposisi gizinya dinilai cukup dan memiliki komponen fungsional untuk mendukung diversifikasi pangan fungsional (Queiroz *et al.*, 2015; & Xiong *et al.*, 2019).

Sorgum merupakan biji-bijian bebas gluten yang mengandung senyawa fenolik yang dapat mencegah perkembangan kanker seperti flavonoid (Pontieri *et al.*, 2013). Pati dan gula di dalam sorgum lebih lambat dicerna oleh tubuh dibandingkan biji-bijian lainnya, sehingga sangat baik dikonsumsi oleh penderita diabetes (Palavecino *et al.*, 2019). Menurut Galán *et al.*, (2018) sorgum juga mengandung senyawa anti gizi seperti tanin dan asam fitat yang dapat mengganggu pencernaan protein dan mineral serta menurunkan bioavailabilitas zat gizi.

Melalui Kementerian Pertahanan, pemerintah menanam sorgum berbagai jenis di Pulau Jawa, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara Barat (NTB), dan Nusa Tenggara Timur (NTT) (Subagio dan Aqil, 2013). Beberapa varietas telah

dikembangkan untuk sorgum, antara lain varietas Kawali dan Bioguma. Kedua varietas baru ini memiliki keuntungan makin tahan terhadap hama (Wibawa *et al.*, 2021). Namun, informasi mengenai kandungan gizi dan komposisi gizi kedua varietas ini belum dijelaskan secara jelas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan gizi dan senyawa anti gizi pada kedua varietas sorgum.

METODE

Alat dan Bahan

Sampel dalam penelitian ini berupa sorgum yang telah dilakukan penyosohan dan siap untuk diolah menjadi “nasi sorgum” dengan varietas Kawali dan Bioguma yang dijual di lokapasar dari petani sorgum di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Seluruh reagen dan bahan yang digunakan memiliki kualitas pro analisis.

Persiapan Sampel

Sorgum yang diperoleh selanjutnya dihaluskan kering menggunakan penghalus kering (*waning laboratory blender*). Selanjutnya dilakukan pengayakan dengan saringan 40 *mesh* (*electric sieve shaker*). Bagian yang tidak tersaring dilakukan penghalusan ulang. Tepung sorgum disimpan dalam lemari pendingin dengan suhu $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (LG GN-B185SQBB) untuk selanjutnya dilakukan analisis.

Analisis Zat Gizi, Total Fenolik, Tanin, Flavonoid, dan Asam Fitat

Analisis proksimat yang dilakukan pada pati dan tepung sorgum meliputi: penentuan kadar air dengan metode termogravimetri, kadar abu dengan metode pengabuan, kadar protein total dengan metode mikro-kjeldahl, kadar lemak total menggunakan metode *soxhlet* dan kadar serat kasar dengan metode ekstraksi asam basa (SNI-01-2891-1992; Andarwulan, 2010). Penentuan total fenolik dengan menggunakan metode Folin–Ciocalteu. Absorbansi dibaca pada panjang gelombang 760 nm menggunakan spektrofotometer (Shimadzu UV-1800) dan sebagai standar digunakan asam galat (Moraes *et al.*, 2015). Penentuan total tanin dengan prinsip spektrofotometri sesuai dengan yang dilakukan oleh Palacios *et al.*, (2021). Absorbansi diukur pada panjang gelombang 755 nm dengan spektrofotometer (Shimadzu UV-1800) dengan standar yang digunakan asam tanant. Penentuan total flavonoid dilakukan dengan metode spektrofotometri dengan reagen aluminium klorida (Ji *et al.*, 2017). Absorbansi dibaca menggunakan spektrofotometer (Shimadzu UV-1800) pada panjang gelombang 510 nm dan sebagai standar digunakan Quersetin. Analisis asam fitat didasarkan pada pengendapannya sebagai garam besi (Makkar *et al.*, 2005). Pembacaan absorbansi pada panjang gelombang 480 nm dengan menggunakan spektrofotometer (Shimadzu UV-1800) dan sebagai standar digunakan larutan $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ dengan reagen KSCN.

Analisis Data

Penentuan kadar total fenolik, total tanin, dan asam fitat dilakukan secara triplo kemudian dilakukan analisis data statistik dengan SPSS 22 menggunakan analisis variansi (ANOVA) $\alpha=5\%$. Uji Duncan dilakukan untuk melihat hasil beda lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kandungan air, abu, lemak, protein, serat kasar pada sampel tepung dan pati sorgum ditunjukkan pada Tabel 1. Analisis kadar air sampel sorgum diperoleh hasil antara 9,561 – 10,109 %. Kadar air yang diperoleh memenuhi baku mutu sorgum yaitu kurang dari 14% (Koes dan Arief, 2014). Keberadaan air yang tinggi pada sorgum dapat mengakibatkan sorgum cepat rusak dan ditumbuhi oleh kapang (Olayinka *et al.*, 2011).

Tabel 1. Kadar zat gizi sampel sorgum (%)

	Kawali	Bioguma	Referensi*
Air	10,06 ± 0,049 ^a	9,72 ± 0,193 ^b	8,15 - 12,62
Protein	10,84 ± 0,215 ^a	6,82 ± 0,346 ^b	7,38 - 9,98
Lemak	1,67 ± 0,584 ^a	1,81 ± 0,211 ^a	1,45 - 3,80
Abu	2,03 ± 0,055 ^a	1,97 ± 0,235 ^a	2,16 - 3,35
Serat Kasar	2,48 ± 0,090 ^a	2,21 ± 0,263 ^a	2,04 - 4,84
Karbohidrat	72,92 ± 0,515 ^a	77,47 ± 0,437 ^b	73,1 - 79,2

Nilai dalam baris yang sama diikuti oleh huruf superskrip huruf yang berbeda, berbeda secara signifikan pada $P < 0,05$. *referensi diperoleh dari (Suarni dan Firmansyah, 2013)

Sorgum kawali memiliki kadar abu sebanyak 2,03% sedangkan kadar abu sorgum bioguma yaitu sebesar 1,97%. Perbedaan antara kadar abu pada kedua sorgum tersebut cukup besar dimungkinkan karena banyak terdapat residu baik berupa logam maupun zat lain yang terdapat dalam sorgum kawali.

Protein pada sorgum kawali lebih tinggi (10,84%) dibandingkan sorgum bioguma (6,82%). Perbedaan warna pada sorgum diikuti dengan perbedaan kadar protein yang dimilikinya. Hasil yang sama ditemukan dalam penelitian yang dilakukan oleh Olayinka *et al.*, (2011), bahwa protein yang terdapat pada pati sorgum merah lebih tinggi dari pada protein dalam pati sorgum putih.

Serat kasar terdiri atas selulosa, lignin dan hemiselulosa. Terdapat perbedaan yang nyata antara kandungan serat kasar dalam sorgum bioguma (2,21 %) dan sorgum kawali (2,48%). Perbedaan tersebut juga ditemukan oleh Tasie dan Gebreyes (2020) yang melakukan penelitian terhadap 35 varietas sorgum di Ethiopia. Kandungan serat kasar pada sorgum berwarna relatif lebih tinggi daripada sorgum putih.

Tidak terdapat perbedaan signifikan antara lemak diantara sorgum yang dianalisis. Lemak yang terdapat pada sorgum umumnya terletak pada kulit sorgum,

sehingga ketika kulit sorgum telah dihilangkan kandungan lemaknya menjadi berkurang. Lemak yang terdapat pada tepung akan mempengaruhi masa simpan dari tepung. Semakin rendah lemak, masa simpannya akan semakin baik (Shobana *et al.*, 2013).

Secara umum kandungan air, protein, abu, lemak, serat kasar dalam sorgum kawali lebih tinggi dari pada sorgum bioguma. Pada Tabel 1, dapat dilihat perbandingan hasil antara penelitian ini dengan kajian kandungan zat gizi pada berbagai jenis sorgum yang dilakukan oleh Suarni dan Firmansyah (2013). Terdapat beberapa parameter yang nilainya di luar jangkauan pada referensi tersebut. Hal ini dimungkinkan karena perbedaan sampel dan proses pengolahan sampel sebelum dilakukan pengujian. Penelitian yang telah dilakukan oleh Jimoh dan Abdullahi (2017) mendapatkan hasil yang serupa yaitu sorgum berwarna memiliki kandungan protein, lemak, abu, dan serat kasar yang lebih tinggi dibandingkan sorgum putih. Tingginya kandungan komposisi utama tersebut juga dapat disebabkan karena perbedaan metode penyosohan, sehingga pada sorgum kawali masih terdapat residu kulit biji sorgum.

Tabel 2. Kadar fenol, flavonoid, tanin, dan fitat sampel sorgum (mg/100 g)

	Kawali	Bioguma
Fenol	1519,88 ± 39,398 ^a	591,76 ± 6,557 ^b
Flavonoid	42,45 ± 3,795 ^a	10,52 ± 0,475 ^b
Tanin	611,50 ± 5,610 ^a	155,35 ± 2,741 ^b
Fitat	403,95 ± 11,566 ^a	105,59 ± 8,553 ^b

*Nilai dalam baris yang sama diikuti oleh huruf superskrip berbeda secara signifikan pada $P < 0,05$.

Fenol merupakan salah satu senyawa yang banyak terkandung dalam sorgum terutama sorgum berwarna. Kadar total fenol dalam sorgum kawali dan bioguma dapat diamati pada Tabel 2. Kadar total fenol dalam sorgum kawali lebih tinggi dibandingkan dengan sorgum bioguma. Penelitian yang dilakukan oleh (Shen *et al.*, 2018) juga menunjukkan bahwa total fenol dalam sorgum berwarna lebih tinggi dibandingkan sorgum varietas putih.

Senyawa fenolik yang terdapat dalam sorgum memiliki kerugian bagi tubuh karena dapat menurunkan keberadaan asam amino yang diperlukan oleh tubuh, selain itu senyawa fenolik dapat menurunkan berat badan dan memberikan rasa yang kurang baik pada makanan (Samtiya *et al.*, 2020). Meskipun demikian senyawa fenolik juga memiliki manfaat yang tidak kalah banyak diantaranya sebagai antioksidan, anti-kanker dan sebagai penangkal radikal bebas (Salazar-López *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Cardoso *et al.*, (2017) menunjukkan bahwa dalam sorgum terdapat berbagai jenis turunan senyawa fenolik diantaranya asam fenolat,

tanin, flavonoid dan stilbenes yang masing-masing memiliki peranan dalam tubuh.

Flavonoid merupakan salah satu golongan senyawa fenolik yang terdapat dalam sorgum. Seperti halnya tannin, flavonoid juga memiliki kemampuan untuk mengikat ion logam besi, tembaga, dan seng yang sangat diperlukan oleh tubuh (Popova & Mihaylova, 2019). Namun, flavonoid juga memiliki manfaat sebagai penangkal radikal bebas yang berkontribusi pada oksidasi protein, kerusakan DNA, peroksidasi lipid dalam jaringan dan sel hidup. Radikal bebas tersebut terkait dengan banyak gangguan seperti kanker, aterosklerosis, diabetes, dan sirosis hati (Afify *et al.*, 2012).

Berdasarkan hasil analisis flavonoid dalam sampel sorgum diketahui bahwa sorgum varietas kawali memiliki kadar flavonoid yang lebih tinggi dibandingkan sorgum bioguma. Menurut Taleon *et al.* (2014), perbedaan genotif memberikan efek terhadap kandungan flavonoid dalam sorgum. Dalam penelitian Taleon (2014) ditemukan bahwa sorgum merah memiliki kadar flavonoid yang lebih tinggi dibandingkan sorgum berwarna kuning. Tiga kelompok flavonoid yang terdapat dalam sorgum dengan jumlah tinggi adalah antosianin 3-deoksi, flavon, dan flavonoid (Ofosu *et al.*, 2020). Konsentrasi flavonoid dalam sorgum dipengaruhi oleh genotip dan lingkungan seperti intensitas cahaya dan iklim (Taleon *et al.*, 2012).

Tanin merupakan salah satu jenis senyawa fenolik yang banyak terdapat pada sorgum. Berdasarkan data pada Tabel 2, diketahui bahwa sorgum kawali memiliki kandungan tanin yang lebih tinggi daripada sorgum bioguma. Penelitian yang telah dilakukan oleh Palacios *et al.* (2021) terhadap sorgum yang dikembangkan di Brazil menunjukkan bahwa tanin dalam sorgum merah lebih tinggi dibandingkan sorgum coklat dan ungu, konsentrasi tanin dalam sorgum juga sangat dipengaruhi oleh genetik dari tanaman tersebut

Tanin memiliki sifat anti gizi karena dapat mengganggu pencernaan berbagai zat gizi dan mencegah tubuh menyerap zat yang bermanfaat. Tanin juga dapat mengikat dan mengecilkan protein. Kompleks protein tanin dapat menyebabkan inaktivasi enzim pencernaan dan penurunan daya cerna protein yang disebabkan oleh substrat protein (Popova & Mihaylova, 2019). Tanin juga dapat meningkatkan ion besi yang terdapat pada makanan sehingga tidak dapat diserap tubuh. Terdapat penelitian yang menjelaskan tanin tidak berpengaruh signifikan terhadap asupan besi pada manusia dan efeknya sangat bervariasi antar individu (Petroski & Minich, 2020). Meskipun demikian, tanin memiliki efek antioksidan dan berperan dalam kesehatan jantung, anti-inflamasi, anti-karsinogenik dan anti-mutagenik (Sharma *et al.*, 2019).

Berdasarkan hasil penelitian, kandungan fitat dalam sorgum kawali jauh lebih tinggi dibandingkan sorgum bioguma, konsentrasi fitat dalam sampel dapat diamati pada Tabel 2. Pada umumnya fitat dengan konsentrasi yang tinggi ditemukan pada sorgum berwarna dari pada sorgum putih (Kruger *et al.*, 2014).

Fitat ditemukan pada berbagai makanan nabati dengan konsentrasi tertinggi

ditemukan pada jenis kacang-kacangan, polong-polongan dan serelia (Fuster *et al.*, 2017). Secara struktural fitat tersusun dari enam gugus fosfat, terikat pada cincin inositol dengan kemampuan mengikat hingga 12 proton. Gugus fosfat tersebut bertindak sebagai agen pengkelat yang kuat sehingga mudah mengikat kation mineral, terutama Cu^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , dan Fe^{3+} (Castro-Alba *et al.*, 2019). Senyawa kompleks tersebut tidak dapat larut pada pH netral (6-7) dan tidak dapat dicerna oleh enzim manusia, sehingga dapat menurunkan penyerapan ion-ion logam dalam tubuh.

Kadar fitat dapat dikurangi dengan melakukan proses pengolahan. Sorgum yang telah melewati proses perkecambahan mengalami penurunan kadar fitat paling tinggi (90,1%) dibandingkan dengan proses penggilingan ulang (49,9%), perendaman (78,6%) , penambahan vitamin C (86,2%) dan penyimpanan selama 12 bulan (59,6%) (Eltyeb & Ahmed, 2017).

KESIMPULAN

Kedua varietas sorgum tersebut memiliki penampilan dan kadar zat gizi yang berbeda baik dari sisi nutrisi utama maupun mikro nutrisinya. Sorgum varietas kawali memiliki kandungan fenol, flavonoid, tannin, dan fitat yang lebih tinggi dibandingkan varietas bioguma.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional yang telah memberikan pendanaan pada riset ini melalui hibah kompetitif nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Afify, A. E. M., M. R., Hossam, S. El-Beltagi., Samiha M. Abd El-Salam, Azza A. Omran. (2012) 'Biochemical changes in phenols, flavonoids, tannins, vitamin E, β -carotene and antioxidant activity during soaking of three white sorghum varieties', *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(3), pp. 203–209.
- Arzaqina, A. A., Ilmi, I. M. B., Nasrullah, N. (2021), 'Snack Bar Suweg (*Amorphophallus campanulatus* B) dan Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L) sebagai camilan sumber serat pangan', *Nutri-Sains: Jurnal Gizi, Pangan dan Aplikasinya*, 5(2), pp. 93-104.
- Badan Standarisasi Nasional (1992) *Cara uji makanan dan minuman*. 01-2891–1992. Jakarta.
- Fuster, J. M. B., Pilar, S. C. Joan, P. B., Felix, G. F. (2017) 'Plant phosphates, phytate and pathological calcifications in chronic kidney disease', *Nefrologia*, 37(1), pp. 20–28.
- Castro-Alba, V., Claudia , E. L., Björn, Bergenståhl., Yvonne, Granfeldt (2019) 'Phytate, iron, zinc, and calcium content of common Bolivian foods and their estimated mineral bioavailability', *Food Science and Nutrition*, 7(9), pp. 2854–2865.

- Eltyeb, O., Ahmed, O. (2017) 'Reducing phytic acid from sudanese sorghum bicolor (f.g) using simple technique methods', *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, 3(12), pp. 1–7.
- Galán, M. G., Llopart, E. E., Drago, S. R. (2018) 'Losses of nutrients and anti-nutrients in red and white sorghum cultivars after decorticating in optimised conditions', *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 69(3), pp. 283–290.
- Gardjito, M., Djuwardi, A., Harmayani, E. (2013) *Pangan nusantara : karakteristik dan prospek untuk percepatan diversifikasi pangan*. Jakarta: Kencana.
- Gupito, R. W., Irham, I., Waluyati, L. R. (2016) 'Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi pendapatan usahatani sorgum di Kabupaten Gunungkidul', *Agro Ekonomi*, 25(1), pp. 66-75.
- Ijarotimi, O. S., Fakayejo, D. A., Oluwajuyitan, T. D. (2021) 'Nutritional characteristics, glycaemic index and blood glucose lowering property of gluten-free composite flour from wheat (*triticum aestivum*), soybean (*glycine max*), oat-bran (*avena sativa*) and rice-bran (*oryza sativa*)', *Applied Food Research*, 1(2), pp. 100022.
- Ji, Y. B., Ru, X., Yu, M., Wang, S. W., Lu, L., Qiao, A. N., Guo, S. Z. (2017) 'Extraction and determination of total flavonoids in jujube by alcohol extraction', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 100 (1). pp: 1-9.
- Jimoh, W. L. O., Abdullahi, M. S. (2017) 'Proximate analysis of selected sorghum cultivars', *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 10(1), pp. 285-288.
- Koes, F., Arief, R. (2014) 'Penanganan pascapanen sorgum untuk mempertahankan mutu benih', in *Prosiding Seminar Nasional Hari Pangan Sedunia Ke-34: Pertanian-Bioindustri Berbasis Pangan Lokal Potensial*, pp. 195–202.
- Kruger, J., Oelofse, A., Taylor, J. R. N. (2014) 'Effects of aqueous soaking on the phytate and mineral contents and phytate:mineral ratios of wholegrain normal sorghum and maize and low phytate sorghum', *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(5), pp. 539–546.
- Kumara, F. M., Purwani, E. (2017), 'Pengaruh substitusi tepung kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) terhadap tingkat pengembangan dan daya terima bolu', *Nutri-Sains: Jurnal Gizi, Pangan dan Aplikasinya*, 1(2).
- Makkar, H. P. S., Siddhuraju, P., Becker, K. (2005) *Plant Secondary Metabolites, Method in molecular biology 393*. Totowa: Humana press.
- Meisara, N. D., Rialita, T., Herminiati, A. (2021), 'Karakteristik bubur instan berbasis ubi jalar kuning sebagai makanan pendamping air susu ibu (MP-ASI) untuk pencegahan stunting', *Nutri-Sains: Jurnal Gizi, Pangan dan Aplikasinya*, 5(1), pp. 41-52.
- Mohapatra, D., Patel A. S., Kar, A., Deshpande, S. S., Tripathi, M. K. (2019) 'Effect of different processing conditions on proximate composition, anti-oxidants, anti-nutrients and amino acid profile of grain sorghum', *Food Chemistry*, 271, pp. 129–135..
- Moraes, É. A., Marineli, R. D. S., Lenquiste, S. A., Steel, C. J., Menezes, C. B. D., *et al.* (2015) 'Sorghum flour fractions: Correlations among polysaccharides,

- phenolic compounds, antioxidant activity and glycemic index', *Food Chemistry*, 180, pp. 116–123.
- Cardoso, L. D. M., Pinheiro, S. S., Martino, H. S. D., Sant'Ana, H. M. P. (2017) 'Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): Nutrients, bioactive compounds, and potential impact on human health', *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(2), pp. 372–390.
- Ofosu, F. K., Elahi, F., Mwine Daliri, E. B., Yeon, S. J., Ham, H. J., *et al.* (2020) 'Flavonoids in decorticated sorghum grains exert antioxidant, antidiabetic and antiobesity activities', *Molecules*, 25(12), pp. 1–19.
- Olayinka, O. O., Olu-Owolabi, B. I., Adebowale, K. O. (2011) 'Effect of succinylation on the physicochemical, rheological, thermal and retrogradation properties of red and white sorghum starches', *Food Hydrocolloids*, 25(3), pp. 515–520.
- Palacios, C. E., Nagai, A., Torres, P., Rodrigues, J. A., Salatino, A. (2021) 'Contents of tannins of cultivars of sorghum cultivated in Brazil, as determined by four quantification methods', *Food Chemistry*, 337(2021), pp. 1-6
- Palavecino, P. M. *et al.* (2019) 'Gluten-free sorghum pasta: starch digestibility and antioxidant capacity compared with commercial products', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(3), pp. 1351–1357.
- Petroski, W., Minich, D. M. (2020) 'Is there such a thing as “anti-nutrients”? A narrative review of perceived problematic plant compounds', *Nutrients*, 12(10), pp. 1–32.
- Pontieri, P., Mamone, G., De Caro, S., Tuinstra M. R., Roemer, E., Okot, J. *et al.* (2013) 'Sorghum, a healthy and gluten-free food for celiac patients as demonstrated by genome, biochemical, and immunochemical analyses', *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(10), pp. 2565–2571.
- Popova, A., Mihaylova, D. (2019) 'Antinutrients in Plant-based Foods: A Review', *The Open Biotechnology Journal*, 13(1), pp. 68–76.
- Queiroz, V. A. V., da Silva, C. S., de Menezes, C. B., Scaffert, R. E., Guimaraes, F. F. M., *et al.* (2015) 'Nutritional composition of sorghum [*sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes cultivated without and with water stress', *Journal of Cereal Science*, 65, pp. 103–111.
- Salazar-López, N. J., Aguilar, G. A. G., Sandez, O. R., Sanchez, M. R. (2018) 'Technologies applied to sorghum (*Sorghum bicolor* l. moench): Changes in phenolic compounds and antioxidant capacity', *Food Science and Technology*, 38(3), pp. 369–382.
- Samtiya, M., Aluko, R. E., Dhewa, T. (2020) 'Plant food anti-nutritional factors and their reduction strategies: an overview', *Food Production, Processing and Nutrition*, 2(1), pp. 1–14.
- Sharma, K., Kumar, V., Kaur, J., Tanwar, B., Goyal, A., *et al.* (2019) 'Health effects, sources, utilization and safety of tannins: a critical review', *Toxin Reviews*, 0(0), pp. 1–13.
- Shen, S., Huang, R., Li, C., Wu, W., Chen, H. *et al.* (2018) 'Phenolic compositions and antioxidant activities differ significantly among sorghum grains with

- different applications’, *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(5), pp. 1-15.
- Shewry, P. (2019) ‘What is gluten—Why is it special?’, *Frontiers in Nutrition*, 6(101), pp. 1–10.
- Shobana, S., Krishnaswamy, K., Sudha, V., Malleshi, N. G., Anjana, R. M., *et al.* (2013) ‘Finger Millet (Ragi, *Eleusine coracana* L.): A review of its nutritional properties, processing, and plausible health benefits.’, *Advances In Food And Nutrition Research*, 69(9), pp. 1–39.
- Soesilowati, S. (2020) ‘The risks and dilemma of food imports: Assessment of Indonesia dependence to Australian wheat imports’, *Journal of Talent Development and Excellence*, 12(1), pp. 1948–1964.
- Suarni, I.U. Firmansyah (2013) ‘Struktur, Komposisi Nutrisi dan Teknologi Pengolahan Sorgum’, in Sumarno *et al.* (eds) *Sorgum: Inovasi teknologi dan pengembangan*. Jakarta: IAARD Press, pp. 242–259.
- Subagio, H., Aqil, M. (2013) ‘Pengembangan Produksi Sorgum Di Indonesia’, *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*, pp. 199–214.
- Sutrisna, N., Kusniati, E., Histifarina, D. (2013) *Juknis aneka olahan sorgum*. Bandung: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Barat.
- Taleon, V., Dykes, L., Rooney, W. L., Rooney, L. W. (2012) ‘Effect of genotype and environment on flavonoid concentration and profile of black sorghum grains’, *Journal of Cereal Science*, 56(2), pp. 470–475.
- Taleon, V., Dykes, L., Rooney, W. L., Rooney, L. W. (2014) ‘Environmental effect on flavonoid concentrations and profiles of red and lemon-yellow sorghum grains’, *Journal of Food Composition and Analysis*, 34(2), pp. 178–185.
- Tasie, M. M., Gebreyes, B. G. (2020) ‘Characterization of nutritional, antinutritional, and mineral contents of thirty-five sorghum varieties grown in Ethiopia’, *International Journal of Food Science*, 2020, pp. 1-10.
- Verma, A. K. (2021) ‘Nutritional deficiencies in celiac disease: Current perspectives’, *Nutrients*, 13(12), pp. 2019–2022.
- Wibawa, R. F. C., Trikoesoemaningtyas, Wirnas, D. (2021) ‘Interaksi genotipe x lingkungan pada karakter dan komponen hasil galur-galur sorgum IPB’, *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 49(1), pp. 37–44.
- Wieser, H., Koehler, P., Scherf, K. A. (2020) ‘The two faces of wheat’, *Frontiers in Nutrition*, 7(October), pp. 1-18.
- Xiong, Y., Zhang, P., Warner, R. D., Fang, Z. (2019) ‘Sorghum grain: from genotype, nutrition, and phenolic profile to its health benefits and food applications’, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6), pp. 2025–2046.