

Karakteristik fisikokimia tepung jewawut (*Setaria italica*) varietas Polewali Mandar sebagai pengaruh frekuensi proses penyosohan

Ari Handoko¹, Feri Kusnandar^{1*}, Slamet Budijanto¹, Heny Herawati²

¹Ilmu Pangan, IPB University, Bogor, Indonesia

²Pusat Riset Agroindustri, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Bogor, Indonesia

Article history

Diterima:

15 Maret 2024

Diperbaiki:

16 Juni 2024

Disetujui:

19 Juli 2024

Keyword

Foxtail millet flour;

Polishing process;

Physicochemical characteristics;

Starch digestibility

ABSTRACT

Foxtail millet (*Setaria italica* var Polewali Mandar) is a common cereal crop in Polewali Mandar, with the potential for development as a food ingredient. This study characterizes millet from three varieties (Minna, Lasse, and Bulawang) polished 2, 3, and 4 times. Analysis of millet flour (80 mesh) includes chemical (proximate, dietary fiber, tannin), physical (color, pasting profile, granule shape using SEM), and starch digestibility. The data were evaluated using statistical analysis of variance (ANOVA), and the Tukey Honestly Significant Difference (HSD) Test was used if there was a significant result ($p < 0.05$) for each treatment. The results showed that polishing affected proximate, tannin, dietary fiber, and color but not digestibility and starch profile. Additionally, tannin content from Polewali Millet (0,016-0,026%) aligns with WHO and FAO standards. Foxtail millet has high dietary fiber (16-22%) compared to rice (0,1%). Millet flour colors vary, and starch digestibility is moderate (40-50%). Total starch is 50-60%, with amylose content of 4-5,9%. Pasting profile increases after polishing. Starch granules are round, oval, and polygonal with different sizes.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : fkusnandar@apps.ipb.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v19i3.25233

PENDAHULUAN

Masyarakat Indonesia mengonsumsi beras sebagai sumber karbohidrat utama dengan konsumsi mencapai 30,2 juta ton pada tahun 2022 (BPS 2023). Sementara itu, sumber karbohidrat lain yang tidak dibudidayakan di Indonesia, seperti gandum, mencapai 9,46 juta ton pada tahun yang sama, dengan kebutuhan seluruhnya dipenuhi melalui impor. Bahkan pada saat musim kering, dimana produksi padi menurun, Indonesia juga harus mengimpor beras untuk memenuhi kebutuhan pangan nasional. Ketergantungan Indonesia pada kedua komoditas tersebut menjadi kurang menguntungkan, terutama mengingat kondisi iklim global yang berubah dan faktor geopolitik yang dapat memengaruhi suplai bahan pangan impor. Oleh karena itu, penguatan ketahanan pangan perlu terus diupayakan dengan menggali potensi sumber karbohidrat alternatif yang ada di Indonesia, seperti kelompok serelia, umbi-umbian, kacang-kacangan, biji-bijian, dan sebagainya. Salah satu sumber pangan yang potensial adalah jewawut, yang saat ini belum banyak dimanfaatkan sebagai sumber pangan.

Jewawut merupakan sumber karbohidrat dengan kandungan sebesar 75,42%. Jewawut juga mengandung protein, lemak, mineral (Juhaeti et al. 2019) dan senyawa bioaktif seperti fenolik dan karotenoid (Zhang dan Liu 2015). Jewawut merupakan tanaman tropis dan cukup banyak varietas yang dibudidayakan di Indonesia, diantaranya yang terdapat di Kabupaten Polewali Mandar, Sulawesi Barat, yaitu varietas Minna, Lasse, dan Bulawang. Produksi jewawut yang dibudidayakan oleh petani di wilayah ini mencapai 60-65 ton per hektar (Arhim et al. 2023). Ketiga varietas tersebut memiliki ciri fisik yang agak berbeda, yaitu varietas Minna dan Lasse berwarna kekuningan dengan ukuran biji $\pm 1,5$ mm, sedangkan varietas bulawang memiliki biji yang berwarna merah dengan ukuran yang lebih besar yaitu ± 2 mm (Ramlah et al. 2020).

Jewawut secara umum memiliki morfologi yang menyerupai beras, yaitu memiliki bagian kulit atau sekam yang menutupi bijinya. Sekam tersebut merupakan bagian kulit yang harus dihilangkan terlebih dahulu dengan proses penyosohan (Dharmaraj et al. 2016). Penyosohan dapat menghilangkan kulit luar dan testa dari biji jewawut sebelum diolah menjadi tepung (Sulistyaningrum dan Aqil 2017). Proses penyosohan jewawut juga dapat menurunkan senyawa tanin yang merupakan senyawa

antinutrisi memberikan rasa sepat dan warna gelap yang tidak disukai pada produk makanan. Ukuran biji jewawut yang kecil lebih sulit untuk disosoh, sehingga prosesnya harus beberapa kali untuk membuang bagian testa dan taninnya. Berbeda dengan sorgum yang memiliki ukuran biji yang lebih besar sehingga membutuhkan penyosohan sebanyak tiga kali untuk mengurangi senyawa tanin hingga 13% (A'Yunin et al. 2022).

Pengaruh frekuensi penyosohan terhadap komposisi kimia, sifat fisik, dan daya cerna dari tepung jewawut untuk varietas lokal Polewali Mandar belum tersedia. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh frekuensi penyosohan terhadap komposisi kimia jewawut (kadar proksimat, serat pangan dan tanin), profil analisis fisik (warna dan profil *pasting*), dan daya cerna pati dari jewawut sosoh dari tiga varietas jewawut yang terdapat di Kabupaten Polewali Mandar (varietas Minna, Lasse, dan Bulawang). Karakteristik fisikokimia, dan daya cerna dari tepung jewawut ini bermanfaat sebagai informasi dasar untuk pemanfaatannya dalam pengolahan pangan.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan adalah jewawut varietas lokal Polewali Mandar (Minna, Lasse, dan Bulawang) yang diperoleh dari petani 75 hari setelah tanam (dalam bentuk butiran). Bahan lainnya digunakan untuk analisis, yaitu pelarut Folin Denis (Sigma Chemical), Na_2CO_3 anhidrat (Sigma Aldrich), larutan *buffer* MES-TRIS (Sigma Chemical), enzim α amilase Megazyme, enzim protease (Megazyme), enzim *amyloglucosidase* (Megazyme), indikator *Bromcresol Green-Methyl Red* (Sigma Aldrich), dan bahan kimia lainnya. Peralatan yang digunakan untuk proses penyosohan adalah *Testing Mill* Satake TM05C, FOMAC FCT-Z500 *Miller Machine*, ayakan 80 mesh. Peralatan analisis yang digunakan adalah UV-Vis spektrofotometer (Genesys™ 10S UV-Vis, Thermo Scientific, USA), *Chromameter* CR 300 Minolta, *Scanning Electron Microscopic* (Hitachi SU 3500 dan Jeol JSM IT200), dan oven Memmert UF 160.

Penyiapan tepung jewawut (Salimi et al. 2011)

Sampel biji jewawut dari ketiga varietas disosoh dengan mesin penyosoh dengan frekuensi 2, 3 dan 4 kali selama masing-masing 100 detik.

Jewawut yang telah disosoh dihaluskan dengan menggunakan mesin *miller* sehingga diperoleh tepung. Tepung jewawut diayak dengan ayakan ukuran 80 mesh untuk mendapatkan ukuran tepung yang homogen.

Analisis proksimat (AOAC 2012)

Analisis proksimat mencakup kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak dan karbohidrat. Karbohidrat dihitung dengan *by difference* dari komponen lainnya.

Analisis serat pangan (AOAC 2012)

Serat pangan pada jewawut diukur berdasarkan kandungan total serat pangan dengan metode enzimatis gravimetrik menggunakan larutan MES-TRIS.

Analisis kadar tanin (AOAC 1984)

Pengujian kadar tanin menggunakan pereaksi Folin Denis, memicu reaksi reduksi oksidasi atau redoks antara polifenol dan asam fosfotungstomolibdat dalam suasana alkali sehingga akan menghasilkan senyawa kompleks berwarna biru yang diukur secara spektrofotometri.

Kadar pati (SNI 3729-2008)

Kadar pati pada tepung diukur menggunakan metode iodometri yaitu menggunakan ion iodida dalam penetapan kadar gula dengan proses titrasi.

Kadar amilosa dan amilopektin (AACC 1999)

Penetapan kadar amilosa ditentukan dengan metode iodometri terhadap tepung dan blanko. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang 620 nm. Plot absorbansi pada kurva standar dan kadar amilosa dihitung berdasarkan hubungan absorbansi sampel dengan kurva standar. Kadar amilopektin dapat dihitung sebagai selisih antara total pati dengan kadar amilosanya.

Analisis daya cerna pati (Muchtadi et al. 1992)

Penentuan daya cerna pati ditentukan dengan *Amylum Direct Acid Hydrolysis Method*. Penentuan daya cerna pati menggunakan enzim α -

amilase dan asam dinitrosalisilat (DNS) kemudian absorbansi diukur menggunakan spektrofotometer.

Analisis mikrostruktur (Sumardiono et al. 2022)

Analisis mikrostruktur tepung jewawut menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan voltase sebesar 20 kV. Penggunaan lapisan tipis berbahan emas digunakan pada permukaan sampel untuk meningkatkan kualitas dari gambar yang didapatkan.

Analisis profil *pasting* (AACC 2009)

Analisis profil *pasting* dengan RVA bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik fisik tepung seperti viskositas dan suhu awal gelatinisasi selama proses pemanasan

Analisis warna (Doymaz et al. 2015)

Analisis warna menggunakan Chromameter CR 300 Minolta yang mengukur nilai L^* , a^* , b^* , dan ΔE . Nilai L^* menunjukkan kecerahan dari tepung jewawut berkisar 0 (hitam) hingga 100 (putih). Nilai a^* menyatakan kecenderungan warna merah dengan nilai $+a^*$ untuk warna merah dan nilai $-a^*$ warna hijau. Nilai b^* menyatakan kecenderungan warna kuning dengan nilai $+b^*$ untuk warna kuning dan nilai $-b^*$ untuk warna biru (Hutchings 1999; Milovanovic et al. 2020). Nilai ΔE didapatkan dari perbedaan nilai L^* , a^* , dan b^* dari sampel dan kontrol (Rulaningtyas et al. 2015). Nilai ΔE dikelompokkan berdasarkan rentang nilainya (Tabel 1) (Mokrzycki dan Tatol 2011).

Analisis Statistika

Setiap perlakuan penyosohan dilakukan dengan dua kali ulangan dan analisis dilakukan secara duplo. Data ditampilkan sebagai rata-rata $\pm$ standar deviasi. Perbandingan data dari sampel akan dianalisis dengan *Two Way Anova* dan dilanjutkan dengan uji lanjut Tukey untuk melihat perbandingan antara rata-rata perlakuan. Analisis data dilakukan menggunakan software SPSS 25 dengan nilai signifikansi sebesar $p < 0,05$.

Tabel 1 Rentang nilai ΔE

No	Nilai ΔE	Interpretasi
1	0 - 1	Tidak terlihat perbedaan
2	1 - 2	Sangat kecil perbedaan yang dilihat oleh pengamat terlatih
3	2 - 3,5	Pengamat tidak terlatih dapat melihat perbedaan kecil
4	3,5 - 5	Perbedaan jelas
5	> 5	Perbedaan sangat jelas

Tabel 2 Hasil proksimat tepung dari tiga varietas jewawut

Perlakuan Penyosohan	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Lemak (%)	Protein (%)	Karbohidrat (%)
M0	12,01 ± 0,42 ^b	4,02 ± 0,01 ^a	5,62 ± 0,03 ^c	10,50 ± 0,02 ^a	67,85 ± 0,42 ^a
M2	9,42 ± 0,25 ^a	3,05 ± 0,01 ^a	4,93 ± 0,10 ^c	9,54 ± 0,09 ^b	73,06 ± 0,25 ^b
M3	9,54 ± 0,23 ^a	3,44 ± 0,01 ^a	4,39 ± 0,08 ^b	9,49 ± 0,01 ^{bc}	73,15 ± 0,29 ^c
M4	9,34 ± 0,19 ^a	3,30 ± 0,07 ^a	3,89 ± 0,14 ^a	8,81 ± 0,10 ^c	74,66 ± 0,50 ^d
L0	9,81 ± 0,03 ^b	3,30 ± 0,01 ^a	7,99 ± 0,20 ^c	14,79 ± 0,05 ^a	73,92 ± 0,14 ^a
L2	9,54 ± 0,05 ^a	3,33 ± 0,06 ^a	7,57 ± 0,07 ^c	13,44 ± 0,04 ^b	75,66 ± 0,05 ^b
L3	9,45 ± 0,10 ^a	4,14 ± 0,00 ^a	5,20 ± 0,31 ^b	12,65 ± 0,17 ^{bc}	78,01 ± 0,48 ^c
L4	9,13 ± 0,03 ^a	3,99 ± 0,02 ^a	4,85 ± 0,38 ^a	10,73 ± 0,14 ^c	80,43 ± 0,22 ^d
B0	10,72 ± 0,21 ^b	4,91 ± 0,02 ^a	9,58 ± 0,26 ^c	14,59 ± 0,04 ^a	70,92 ± 0,20 ^a
B2	10,61 ± 0,35 ^a	4,31 ± 0,00 ^a	9,21 ± 0,19 ^c	14,20 ± 0,06 ^b	72,27 ± 0,26 ^b
B3	10,33 ± 0,01 ^a	3,88 ± 0,00 ^a	8,57 ± 0,02 ^b	13,34 ± 0,09 ^{bc}	74,21 ± 0,07 ^c
B4	10,47 ± 0,05 ^a	3,40 ± 0,04 ^a	6,66 ± 0,07 ^a	11,70 ± 0,05 ^c	78,24 ± 0,16 ^d

Ket: M = Minna, L = Lasse, B = Bulawang; Angka 2, 3, 4 menunjukkan frekuensi penyosohan; Perbedaan abjad pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Tukey pada $\alpha = 0,0$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Proksimat

Kadar proksimat dari tepung jewawut yang dihasilkan dari perlakuan frekuensi penyosohan disajikan pada Tabel 2. Perlakuan kontrol (M0, L0, B0) memiliki nilai tertinggi untuk parameter kadar air, kadar abu, lemak, dan protein sedangkan tepung jewawut dengan perlakuan penyosohan sebanyak 4 kali untuk tiap varietas (M4, L4, dan B4) memiliki nilai karbohidrat yang tertinggi.

Perlakuan tanpa penyosohan (M0, L0, B0) memiliki nilai yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan tepung beras spada parameter kadar abu, lemak, protein, dan karbohidrat. Hal ini terjadi karena jewawut tanpa penyosohan masih menyisakan kulit yang berpengaruh pada kadar proksimat. Setelah jewawut dilakukan proses penyosohan, maka senyawa yang terkandung dalam tepung jewawut berkurang. Tabel 2 menunjukkan tepung jewawut dengan penyosohan mengalami penurunan kadar air, kadar abu, protein, dan lemak. Sruthi et al. (2023) menyatakan bahwa pada kulit luar ataupun dalam masih terdapat senyawa makro dan mikro sehingga senyawa tersebut berkurang seiring dengan adanya proses pengolahan seperti penyosohan. Hal ini sejalan dengan D'Amico et al. (2019) yaitu proses penyosohan yang dilakukan pada sorgum mampu mengurangi kadar protein, lemak, dan abu serta meningkatkan kadar karbohidrat.

Perlakuan frekuensi penyosohan hingga empat kali menurunkan nilai lemak, protein dan kadar abu dari tepung jewawut. Namun, nilai gizi

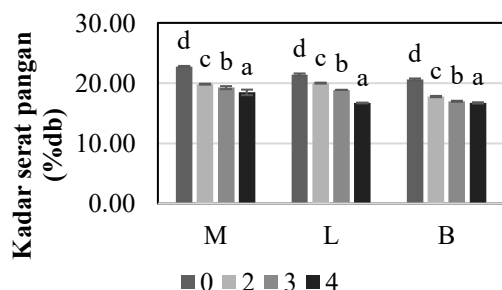
yang didapatkan pada frekuensi penyosohan sebanyak empat kali masih tergolong tinggi dibandingkan beberapa makanan pokok lainnya yaitu beras, jagung, ataupun kentang. Kandungan karbohidrat, protein, dan lemak dari tepung jewawut cukup tinggi jika dibandingkan dengan kentang, jagung kuning, ubi, beras putih, dan pisang sehingga berpotensi menjadi alternatif sumber untuk pemenuhan gizi tersebut. (Juliano 1999).

Kadar serat pangan

Kadar total serat pangan tepung jewawut dapat dilihat pada Gambar 1. Kadar serat pangan tertinggi didapatkan pada setiap perlakuan kontrol (M0, L0, B0). Varietas Minna memiliki kadar serat pangan tertinggi (22,75%) diikuti dengan Lasse (21,41%) dan Bulawang (20,59%). Kadar serat pangan terendah terdapat pada perlakuan penyosohan sebanyak 4 kali (M4, L4, B4). Perlakuan frekuensi penyosohan berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan serat pangan pada tepung jewawut.

Jewawut merupakan jenis sereal yang memiliki lapisan kulit pada bijinya. Kulit jewawut memiliki kandungan senyawa makro maupun mikronutrisi, salah satunya adalah serat pangan. Zhu et al. (2018) menyatakan bahwa total serat pangan pada kulit jewawut menunjukkan nilai yang tinggi, hingga 79%. Setelah jewawut disosoh, total serat pangan mengalami penurunan. Hal ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Reddy et al. (2017) dan Chaudhari et al. (2018) yaitu proses pengolahan dapat menurunkan kandungan gizi pada sereal, salah satunya serat pangan hingga 80%. Tepung jewawut varietas

Polewali Mandar ini mengalami penurunan kadar serat pangan yang sangat signifikan ketika diberikan perlakuan frekuensi penyosohan hingga empat kali, walaupun kadar serat pangannya masih tergolong tinggi (16-18%). Dengan demikian, tepung jewawut berpotensi sebagai sumber serat pangan yang bermanfaat bagi kesehatan (Ibrahim dan Menkovska 2022).



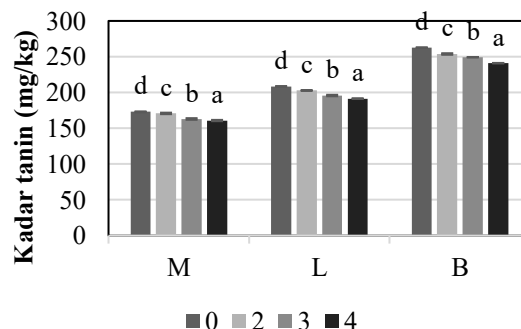
Gambar 1 Kadar serat pangan dari tiga tepung jewawut (M = Minna, L = Lasse, B = Bulawang); Angka 0, 2, 3, 4 menunjukkan frekuensi penyosohan; Perbedaan abjad pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Tukey pada $\alpha = 0,05$

Tepung jewawut memiliki kandungan serat pangan yang tergolong tinggi jika dibandingkan beras, jagung, ataupun makanan pokok lainnya. Menurut USDA (2020), kandungan serat pangan beras putih hanya 0,4% sedangkan jagung sebesar 2 - 4%. Anju dan Sarita (2010) dan Yonata et al. (2021) menyatakan bahwa jewawut memiliki kandungan serat pangan yang tinggi, yaitu berkisar 20%. Namun, hasil berbeda didapatkan oleh Sulistyaningrum dan Aqil (2017) yang menyatakan bahwa serat pangan jewawut sebesar 8,21%. Menurut He et al. (2015), adanya variasi genetik, lokasi tumbuh yang berbeda, hingga perbedaan musim pada saat penanaman dapat memengaruhi sifat fenotipik dan komposisi kimia jewawut.

Kadar Tanin

Proses penyosohan berpengaruh nyata terhadap kadar tanin dari tiga tepung jewawut varietas lokal yang digunakan dalam penelitian ini (Gambar 2). Varietas Minna memiliki kadar tanin terendah diantara varietas lainnya, yaitu berkisar 160-173 mg/kg, sedangkan varietas Bulawang mengandung kadar tanin yang paling tinggi, yaitu berkisar 240-262 mg/kg. Varietas Bulawang memiliki kadar tanin tertinggi diduga karena memiliki biji yang berwarna kemerahan yang

menjadi indikator tingginya pigmen, yang berpengaruh pada kadar tanin. Semakin gelap warna kulit jewawut, maka semakin tinggi kadar taninnya (Sedghi et al. 2012; Goudar et al. 2023).



Gambar 2 Kadar tanin dari tiga tepung jewawut (M = Minna, L = Lasse, B = Bulawang); Angka 0, 2, 3, 4 menunjukkan frekuensi penyosohan; Perbedaan abjad pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Tukey pada $\alpha = 0,05$

Proses penyosohan menurunkan kadar tanin secara signifikan, yang semakin tinggi dengan frekuensi penyosohan (Gambar 3). Hal ini karena tanin terutama terdapat di bagian kulit dan testa yang akan terbuang oleh proses penyosohan (A'Yunin et al. 2022). Penyosohan sereal yang dilakukan sebanyak tiga kali menurunkan kadar tanin menjadi 0,053%. Amrinola et al. (2015) menyatakan bahwa proses penyosohan sebanyak dua kali dapat menurunkan kadar tanin pada biji sorgum sebanyak 35,89%. Kandungan tanin sebagai antinutrisi juga memengaruhi daya serap, berkontribusi terhadap rasa sepat, dan warna gelap pada produk pangan (Sruthi et al. 2021). Maka dari itu, diperlukan frekuensi penyosohan hingga empat kali untuk menurunkan kadar tanin secara signifikan hingga 7-8%.

Kadar Pati, Amilosa, dan Amilopektin

Kadar pati ketiga varietas tepung jewawut Polewali Mandar disajikan pada Tabel 3. Frekuensi penyosohan hanya berpengaruh terhadap total pati dan tidak berpengaruh terhadap kadar amilosa dan amilopektin tepung jewawut. Total pati dari ketiga tepung jewawut varietas Polewali Mandar berkisar 50-60%, dengan varietas Bulawang memiliki total pati yang tertinggi sedangkan varietas Lasse terendah. Kadar amilosanya berkisar antara 4-5,9% dengan tertinggi berturut-turut yaitu varietas Minna, Bulawang, dan Lasse, sedangkan kadar amilopektin berkisar antara 51-56%.

Tabel 3 Kadar pati, amilosa, amilopektin, dan daya cerna pati tiga tepung jewawut

Perlakuan Penyosohan	Total Pati (%)	Kadar Amilosa (%)	Kadar Amilopektin (%)	Daya cerna pati (%)
MK	57,11 ± 0,17 ^b	5,90 ± 0,38 ^{ns}	51,21 ± 0,54 ^{ns}	45,82 ± 4,31 ^{ns}
M2	58,41 ± 0,11 ^b	5,84 ± 0,78 ^{ns}	52,57 ± 0,89 ^{ns}	45,88 ± 0,78 ^{ns}
M3	60,54 ± 0,47 ^{ab}	5,52 ± 0,76 ^{ns}	55,03 ± 1,23 ^{ns}	46,32 ± 0,6 ^{ns}
M4	61,51 ± 0,17 ^a	5,44 ± 0,25 ^{ns}	56,07 ± 0,42 ^{ns}	48,65 ± 1,1 ^{ns}
LK	57,70 ± 0,12 ^b	4,10 ± 0,13 ^{ns}	53,60 ± 0,02 ^{ns}	45,18 ± 0,6 ^{ns}
L2	57,78 ± 0,40 ^b	4,89 ± 0,17 ^{ns}	52,89 ± 0,23 ^{ns}	44,83 ± 0,1 ^{ns}
L3	58,35 ± 0,33 ^{ab}	4,79 ± 0,70 ^{ns}	53,56 ± 0,37 ^{ns}	48,30 ± 0,6 ^{ns}
L4	57,92 ± 0,02 ^a	4,65 ± 0,47 ^{ns}	53,27 ± 0,46 ^{ns}	45,89 ± 4,01 ^{ns}
BK	59,63 ± 0,09 ^b	4,99 ± 0,72 ^{ns}	54,64 ± 0,63 ^{ns}	52,66 ± 1,25 ^{ns}
B2	58,77 ± 0,08 ^b	4,89 ± 0,68 ^{ns}	53,88 ± 0,60 ^{ns}	54,32 ± 1,9 ^{ns}
B3	58,27 ± 0,31 ^{ab}	5,69 ± 0,13 ^{ns}	52,58 ± 0,44 ^{ns}	54,58 ± 3,47 ^{ns}
B4	61,50 ± 0,25 ^a	4,98 ± 1,00 ^{ns}	56,51 ± 1,24 ^{ns}	53,26 ± 2,4 ^{ns}

Ket: M = Minna, L = Lasse, B = Bulawang; Angka 2, 3, 4 menunjukkan frekuensi penyosohan; Perbedaan abjad pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Tukey pada $\alpha = 0,05$

Total pati mengalami peningkatan seiring dengan frekuensi penyosohan. Hal ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Tamura et al. (2022), yaitu proses penyosohan pada beras coklat meningkatkan total pati hingga 6%. Hal ini disebabkan oleh hilangnya lapisan aleuron yang mengandung senyawa makro, seperti lemak dan protein pada saat penyosohan, sehingga total pati yang terkonsentrasi pada endosperma meningkat (Tarigan dan Kusbiantoro, 2011). Shamim et al. (2020) menyatakan bahwa, kandungan pati yang terdapat pada biji sereal juga meningkat karena sebagian besar pati terkonsentrasi pada endosperma dan lebih sedikit pada kulit/*bran*.

Total pati dari ketiga varietas tepung jewawut Polewali Mandar berkisar 50-60%. Anju dan Sarita (2010) dan Tiwari et al. (2023) juga melaporkan kandungan total pati pada jewawut berkisar 50-60%. Total pati tersebut tergolong rendah jika dibandingkan dengan beras, yang berkisar 80-90%, jagung dan ubi kayu berkisar 85% (Puspita et al. 2019), dan kentang berkisar 70-75% (Bao et al. 2021). Rendahnya kadar pati pada tepung jewawut dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, seperti masa panen dan juga tingkat kemurnian pati pada saat diproses. Ketika bahan baku telah diolah menjadi tepung masih banyak senyawa lain yang terikat dengan pati, yang dapat berpengaruh terhadap kadar patinya (Nisah 2017).

Secara umum, jewawut dapat dibedakan berdasarkan kandungan amilosanya yaitu *waxy* (<10%) dan *non waxy* (>10%) (Fang et al. 2022). Jewawut tipe *non-waxy* tersebar di seluruh dunia namun tipe *waxy* secara khusus terdapat di Benua Asia (Yin et al. 2019). Berdasarkan beberapa hasil

penelitian yang telah dilakukan oleh Fujita et al. (1989), Kim et al. (2009), terdapat beberapa varietas jewawut yang dibudidayakan oleh masyarakat setempat di berbagai negara dengan kandungan amilosa <10%. Hal tersebut membuktikan bahwa jewawut varietas Polewali Mandar yang digunakan dalam penelitian ini termasuk ke dalam jenis *waxy*.

Rasio amilosa dan amilopektin berpengaruh pada karakteristik produk pangan yang dihasilkan (He et al. 2015). Hal tersebut dapat terjadi karena amilosa dan amilopektin memiliki sifat kimiawi yang berbeda, sehingga menghasilkan sifat fungsional dan fisikokimia tertentu. Menurut Yang et al. (2019), komponen amilosa pada pati dapat memengaruhi sifat termal dan fungsional yang berdampak pada karakteristik produk akhir. Amilosa pada bahan baku berkorelasi dengan sifat pasta dan tekstur gel yang dihasilkan suatu produk. Amilopektin dapat berpengaruh kepada *firmness* produk (Egharevba 2020). Jewawut yang memiliki kandungan amilosa yang rendah menghasilkan produk dengan karakteristik lengket, mengkilat, dan lembut (Xie et al. 2022).

Daya Cerna Pati

Daya cerna pati dari tiga tepung jewawut disajikan pada Tabel 3. Perlakuan frekuensi penyosohan tidak berpengaruh nyata terhadap daya cerna pati dari ketiga tepung jewawut yang digunakan. Varietas Minna dan Lasse memiliki daya cerna pati di bawah 50%, yaitu sekitar 45-48%, sedangkan varietas Bulawang memiliki daya cerna pati di atas 50%, yaitu pada rentang 52-54%. Penyosohan dapat meningkatkan nilai daya cerna

pati jika merusak granulanya, berperan dalam melindungi endosperm biji, yang berdampak kepada semakin mudahnya pati tersebut dicerna (Hasnelly et al. 2020). Dalam hal ini, proses penyosohan jewawut yang dilakukan tidak menyebabkan perubahan struktur granula pati.

Rendahnya nilai daya cerna pati dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti tingginya kadar makroprotein seperti protein atau lemak suatu bahan. Berdasarkan Tabel 2, kadar lemak (3-8%) dan protein (8-14%) tepung jewawut cukup tinggi, yang dapat berikatan dengan pati sehingga membentuk ikatan kompleks yang berdampak kepada rendahnya daya cerna pati. Menurut Khatun et al. (2022), lemak pada bahan pangan berkorelasi negatif dengan daya cerna pati. Penurunan lemak yang dilakukan dalam penelitian tersebut berhasil meningkatkan daya cerna pati. Kadar protein yang tinggi juga dapat membentuk kompleks dengan pati, sehingga berdampak kepada nilai daya cerna pati yang rendah (Thorne et al. 1983)

Varietas Bulawang memiliki nilai daya cerna pati yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan dua varietas lainnya. Perbedaan daya cerna pati dapat disebabkan oleh perbedaan komposisi amilosa dan amilopektin. Varietas Bulawang memiliki kadar amilosa yang rendah dan amilopektin yang tinggi. Amilosa merupakan komponen pati yang lebih sulit untuk dicerna dibandingkan dengan amilopektin. Hal tersebut terjadi karena terdapat beberapa perbedaan antara kedua komponen pati tersebut, yaitu dari segi jumlah ikatan hidrogen antar molekul, luas permukaan, dan strukturnya. Struktur amilopektin yang bercabang membuat lebih mudah untuk dicerna oleh enzim amilase dibandingkan dengan amilosa sehingga berdampak kepada peningkatan daya cernanya (Pflugfelder dan Rooney 1986; Yang et al. 2022).

Ketiga jenis varietas tepung jewawut ini memiliki nilai daya cerna pati yang sedang jika dibandingkan dengan komoditas lain. Menurut Hasnelly et al. (2020), daya cerna pati beras putih termasuk kategori tinggi yaitu berkisar 70-79%. Oleh karena itu, ketiga jenis varietas tepung jewawut ini berpotensi dijadikan produk pangan karena memiliki daya cerna pati dengan kategori sedang, yang berkorelasi dengan angka indeks glikemik yang rendah sehingga memiliki sifat fungsionalitasnya tersendiri. Daya cerna pati

merupakan hasil hidrolisis pati oleh enzim α amilase menjadi monomer yang lebih sederhana sehingga mudah diserap oleh tubuh. Semakin tinggi nilai daya cerna pati, maka semakin cepat glukosa dicerna sehingga berpengaruh pada tingginya insulin. Nilai daya cerna pati yang rendah berarti hanya sedikit pati yang terhidrolisis, sehingga kadar glukosa dalam darah tidak mengalami kenaikan secara drastis (Widowati et al. 2020).

Warna

Hasil pengujian warna dari tiga tepung jewawut disajikan pada Tabel 4. Proses penyosohan dapat meningkatkan kecerahan dari tepung jewawut, namun perlakuan frekuensi penyosohan sebanyak 3 (M3, L3, B3) dan 4 (M4, L4, B4) kali tidak berbeda nyata dari parameter kecerahan. Nilai kecerahan dari tepung jewawut varietas Minna dan Lasse berada pada rentang 70-75. Nilai tersebut mengindikasikan jika warna tepung jewawut kedua varietas tersebut memiliki kecerahan yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan jenis Bulawang (65-70). Tepung jewawut varietas Bulawang memiliki nilai a^* berkisar 6,2 hingga 6,8, yang mengindikasikan memiliki tingkat warna merah yang tinggi jika dibandingkan dengan dua varietas lainnya. Tepung jewawut dari jenis Minna dan Lasse cenderung berwarna kuning dan terdapat spektrum merah yang rendah karena varietas jewawut tersebut merupakan jewawut dengan biji kekuningan. Warna kuning dan merah pada jewawut disebabkan oleh kandungan tanin, karotenoid, flavonoid, dan fenolik (Shen et al. 2015; Yang et al. 2017). Senyawa tersebut umumnya terkonsentrasi pada kulit biji sehingga berkontribusi terhadap warna jewawut. Dengan adanya proses penyosohan tersebut, maka senyawa yang terkandung berkurang sehingga warna dari tepung jewawut berubah (Taylor dan Duodu, 2015).

Perbedaan antara perlakuan juga dapat dilihat dengan mencari nilai ΔE , yaitu nilai perbedaan warna antara dua benda, yang mana semakin tinggi nilainya, maka semakin besar perbedaan warna yang terlihat (Rioseco dan Wagner, 2021). Hasil penyosohan tepung jewawut masuk dalam kategori 2 hingga 4 (1,90 - 3,7), menandakan adanya perbedaan pada tepung hasil penyosohan.

Tabel 4 Hasil uji warna tiga tepung jawawut

Perlakuan Penyosohan	L*	a*	b*	ΔE
MK	70,68 $\pm$ 0,46 ^c	3,50 $\pm$ 0,15 ^a	29,50 $\pm$ 0,19 ^b	-
M2	72,84 $\pm$ 0,17 ^b	3,09 $\pm$ 0,11 ^a	28,005 $\pm$ 0,60 ^b	2,65
M3	72,78 $\pm$ 0,34 ^a	3,66 $\pm$ 0,12 ^a	29,47 $\pm$ 0,38 ^a	2,1
M4	74,22 $\pm$ 0,23 ^a	2,79 $\pm$ 0,39 ^b	28,69 $\pm$ 0,33 ^{ab}	3,7
KL	71,74 $\pm$ 0,01 ^c	2,53 $\pm$ 0,01 ^a	25,20 $\pm$ 0,06 ^b	-
L2	74,65 $\pm$ 0,01 ^b	2,27 $\pm$ 0,01 ^a	26,16 $\pm$ 0,03 ^b	1,90
L3	74,69 $\pm$ 0,01 ^a	2,39 $\pm$ 0,01 ^a	26,66 $\pm$ 0,02 ^a	2,07
L4	75,43 $\pm$ 0,00 ^a	1,94 $\pm$ 0,00 ^b	26,23 $\pm$ 0,05 ^{ab}	2,03
BK	65,44 $\pm$ 0,05 ^c	6,43 $\pm$ 0,05 ^a	23,80 $\pm$ 0,12 ^b	-
B2	67,48 $\pm$ 0,15 ^b	6,88 $\pm$ 0,15 ^a	25,12 $\pm$ 0,20 ^b	1,95
B3	70,23 $\pm$ 0,01 ^a	6,82 $\pm$ 0,01 ^a	25,54 $\pm$ 0,01 ^a	2,63
B4	70,08 $\pm$ 0,02 ^a	6,23 $\pm$ 0,02 ^b	25,19 $\pm$ 0,46 ^{ab}	2,41

Ket: M = Minna, L = Lasse, B = Bulawang; Angka 2, 3, 4 menunjukkan frekuensi penyosohan; Perbedaan abjad pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Tukey pada $\alpha = 0,05$

Tabel 5 Profil pasting varietas jawawut

Perlakuan Penyosohan	PT (°C)	PV (cP)	BD (cP)	SB (cP)	FV (cP)
MK	78,9 $\pm$ 0 ^{ns}	1388,5 $\pm$ 19,09 ^c	479,5 $\pm$ 12,02 ^c	273,5 $\pm$ 21,92 ^c	1082,5 $\pm$ 9,19 ^c
M2	79 $\pm$ 0,14 ^{ns}	1476 $\pm$ 12,73 ^b	530,5 $\pm$ 22,63 ^{ab}	291,25 $\pm$ 9,55 ^{ab}	1122,5 $\pm$ 19,80 ^b
M3	79,3 $\pm$ 0 ^{ns}	1466 $\pm$ 36,06 ^b	529,75 $\pm$ 40,66 ^b	290,25 $\pm$ 20,86 ^b	1126,5 $\pm$ 16,26 ^b
M4	79,19 $\pm$ 0,16 ^{ns}	1526,5 $\pm$ 21,21 ^a	551 $\pm$ 33,23 ^a	299,75 $\pm$ 11,67 ^a	1177,5 $\pm$ 3,54 ^a
LK	78,5 $\pm$ 0 ^{ns}	866,5 $\pm$ 3,54 ^c	303,5 $\pm$ 0,71 ^c	177,5 $\pm$ 2,12 ^c	740,5 $\pm$ 4,95 ^c
L2	78,5 $\pm$ 0 ^{ns}	959 $\pm$ 5,66 ^b	354 $\pm$ 5,66 ^{ab}	193 $\pm$ 4,24 ^{ab}	798 $\pm$ 15,56 ^b
L3	78,5 $\pm$ 0 ^{ns}	931 $\pm$ 4,24 ^b	320 $\pm$ 0 ^b	194,5 $\pm$ 3,54 ^b	805,5 $\pm$ 7,78 ^b
L4	78,68 $\pm$ 0,25 ^{ns}	964,5 $\pm$ 3,54 ^a	338,5 $\pm$ 0,71 ^a	202,5 $\pm$ 0,71 ^a	828,5 $\pm$ 4,95 ^a
BK	78,1 $\pm$ 0 ^{ns}	997,25 $\pm$ 1,77 ^c	342,85 $\pm$ 1,2 ^c	200,50 $\pm$ 0,71 ^c	855,5 $\pm$ 2,12 ^c
B2	78,05 $\pm$ 0 ^{ns}	1077,5 $\pm$ 2,12 ^b	372 $\pm$ 1,41 ^{ab}	215 $\pm$ 1,41 ^{ab}	920,5 $\pm$ 4,95 ^b
B3	78,33 $\pm$ 0,32 ^{ns}	1063 $\pm$ 2,83 ^b	362 $\pm$ 0 ^b	211 $\pm$ 2,83 ^b	912 $\pm$ 5,66 ^b
B4	77,9 $\pm$ 0,28 ^{ns}	1219 $\pm$ 0 ^a	459,5 $\pm$ 19,09 ^a	253 $\pm$ 18,38 ^a	1012,5 $\pm$ 0,71 ^a

Ket: M = Minna, L = Lasse, B = Bulawang; Angka 2, 3, 4 menunjukkan frekuensi penyosohan; PT = *Pasting Temperature*, PV = *Peak Viscosity*, BD = *Breakdown Viscosity*, CV = *Setback Viscosity*, FV = *Final Viscosity*; Perbedaan abjad pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji Tukey pada $\alpha = 0,05$

Profil Pasting

Profil *pasting* dari tiga tepung jawawut varietas lokal disajikan pada Tabel 5. Frekuensi penyosohan berpengaruh terhadap PV, BD, SB, dan FV, namun tidak berpengaruh terhadap suhu *pasting*.

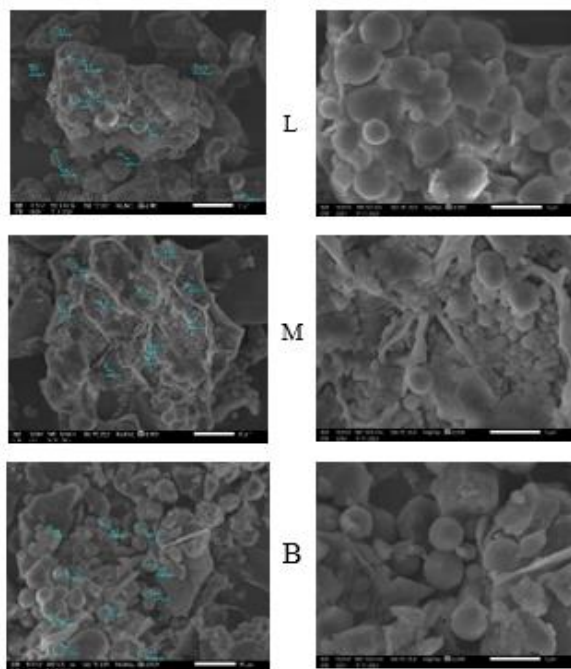
Frekuensi penyosohan berpengaruh terhadap profil *pasting* dari tiga tepung jawawut varietas Polewali Mandar. Semakin tinggi frekuensi penyosohan, maka semakin tinggi profil *pasting*-nya. Proses penyosohan dapat memengaruhi pati yang ada pada biji jawawut yang berpengaruh pada profil *pasting*-nya. Menurut Xu et al. (2021) proses penyosohan dapat merusak amilopektin yang berdampak kepada peningkatan nilai profil *pasting* karena mudahnya granula pati

membengkak. Selain itu, kadar amilosa dan ukuran pati berkorelasi positif terhadap peningkatan parameter profil *pasting*. Menurut Mauro et al. (2023), tepung dengan kandungan amilosa yang lebih tinggi dapat menghasilkan profil *pasting* yang berbeda, seperti viskositas akhir dan suhu *pasting* yang lebih tinggi.

Mikrostruktur

Mikrostruktur dari tiga tepung jawawut disajikan pada Gambar 3. Proses penyosohan memberikan pengaruh terhadap bentuk granulanya. Karakteristik mikrostruktur yang didapatkan menunjukkan bahwa fraksi tepung jawawut berdistribusi secara polimodal. Terdapat perbedaan pada ukuran dan bentuk granula pati antara tiga tepung jawawut yang digunakan.

Fraksi tepung yang ditangkap oleh SEM menunjukkan bahwa fraksi pati tidak terpisah secara baik dan ukuran pati yang cukup beragam. Ukuran yang cukup beragam dapat disebabkan pengaruh penyosohan. Hasil yang didapatkan sesuai dengan hasil Guan et al. (2020) yaitu proses mekanik dapat menyebabkan perubahan pada granula pati tepung sehingga menghasilkan granula dengan bentuk yang tidak seragam serta banyaknya retakan akibat proses penyosohan. Proses penyosohan mengikis biji jewawut yang dapat merusak granulanya. Boudries et al. (2014) menyatakan bahwa proses penyosohan menyebabkan perubahan bentuk granula pati karena adanya perusakan endosperma. Perusakan endosperma tersebut menghasilkan granula pati yang yang membentuk gumpalan, sehingga menghasilkan bentuk dan ukuran yang tidak seragam (Reddy et al. 2017).



Gambar 3 Mikrostruktur tepung jewawut (L) Lasse, (M) Minna, (B) Bulawang

Jewawut Lasse memiliki rentang ukuran 1,25 - 4,6 μm , jewawut Bulawang berkisar 1,42 - 3,75 μm , dan jewawut Minna berkisar 0,736 - 3,66 μm . Hasil SEM tepung jewawut sesuai dengan hasil Yin et al. (2019), Kalsi dan Bhasin (2023) yang menyatakan bahwa jewawut memiliki bentuk granula pati bulat, oval, hingga poligonal dengan rentang ukuran 0,8 hingga 9 μm . Mikrostruktur tepung jewawut menunjukkan bahwa fraksi pati varietas Minna memiliki kompleks yang lebih besar jika dibandingkan dengan varietas lainnya

dan diikuti oleh varietas Bulawang dan Lasse. Adanya perbedaan bentuk pati dapat terjadi karena perbedaan genetik ataupun daerah pertumbuhan jewawut tersebut (Jackson 2003).

KESIMPULAN

Frekuensi penyosohan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat fisikokimia dari tepung jewawut varietas Polewali Mandar. Kadar proksimat tiga tepung jewawut yang disosoh sebanyak empat kali mengandung kadar gizi yang cukup tinggi, seperti protein (8-10%), lemak (3-6%), kadar abu (3%), dan karbohidrat (74-80%). Kadar serat pangan mengalami penurunan yang awalnya berkisar 20% untuk ketiga varietas menjadi 16,72% pada varietas Bulawang, 18,46% pada varietas Minna, dan varietas Lasse sebesar 16,71%. Frekuensi penyosohan juga dapat menurunkan kadar tanin sebanyak 7-8% untuk tiga varietas tepung jewawut yang digunakan. Total pati mengalami peningkatan seiring dilakukannya frekuensi penyosohan pada tiga varietas tepung jewawut dan berada pada rentang 50-60% dengan komposisi amilosa dan amilopektin yang berbeda. Varietas Minna dan Lasse memiliki daya cerna pati sekitar 45-48%, sedangkan varietas Bulawang memiliki daya cerna pati diatas 50% yaitu dengan rentang 52-54%. Kecerahan tiga tepung jewawut meningkat seiring dengan naiknya frekuensi penyosohan yang dilakukan. Frekuensi penyosohan dapat meningkatkan nilai PV, BD, SB, dan FV pada profil *pasting* tiga varietas tepung jewawut. Proses penyosohan dapat memengaruhi bentuk dari partikel granula tepung dan terdapat retakan granula akibat proses penyosohan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Lembaga Pendidikan Dana Keuangan (LPDP) dalam membantu pembiayaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- A'Yunin NAQ, Atmadja T FAG, Aini N, Haryanti P. 2022. Characterisation of polishing frequency for three varieties of sorghum grain in java, Indonesia. *Int. J. Food Sci.* 2022. doi:10.1155/2022/2949665.
- AACC. 1999. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

- AACC. 2009. Determination of the Pasting Properties of Rice with the Rapid Visco Analyser. Di dalam: AACC International Approved Methods.
- Amrinola W, Widowati S, Hariyadi P. 2015. Metode pembuatan sorgum sosoh rendah tanin pada pembuatan nasi sorgum (*Sorghum bicolor* L) instan. *ComTech Comput. Math. Eng. Appl.* 6(1):9. doi:10.21512/comtech.v6i1.2280.
- Anju T, Sarita S. 2010. Suitability of foxtail millet (*Setaria italica*) and barnyard millet (*Echinochloa frumentacea*) for development of low glycemic index biscuits. *Malays. J. Nutr.* 16(3):361–368. Epub 2010 Dec 15. PMID: 22691989.
- AOAC. 1984. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.
- AOAC. 2012. Dietary Fiber Analysis. Di dalam: Official Methods of Analysis of AOAC International 19th ed. Washington: AOAC Inc.
- AOAC. 2012. Official methods of analysis, Association of official analytical chemist 19th edition, Washington D.C., USA.
- Arhim M, Patliadi, Alim N, Fitri, Halik RAF, Arifin A. 2023. Peran penyuluh pertanian terhadap peningkatan produksi jewawut di desa lambanan kecamatan balanipa kabupaten polewali mandar provinsi sulawesi barat. *J. Pertan. Berkelanjutan.* 11(3):285-297. doi.org/10.30605/perbal.v11i3.2497
- Bao H, Zhou J, Yu J, Wang S. 2021. Effect of drying methods on properties of potato flour and noodles made with potato flour. *Foods.* 10(5):1–11. doi:10.3390/foods10051115.
- Boudries N, Nadjemi B, Bensemra N-B, Sindic M. 2014. Morphological and thermal properties of starches isolated from white and pigmented sorghum landraces grown in hyper arid regions. *J. Agric. Sci. Technol.* 4:674–682. doi.org/10.17265/2161-6264/2014.08.009
- BPS. 2023. Impor Gandum dan Meslin 2017-2022. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjAxNiMx/impor-biji-gandum-dan-meslin-menurut-negara-asal-utama--2017-2023.html>
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. Standar Nasional Indonesia Tepung Sagu. SNI 3729:2008
- Chaudhari PR, Tamrakar N, Singh L, Tandon A, Sharma D, Prabha Chaudhari CR. 2018. Rice nutritional and medicinal properties: A review article. *J. Pharmacogn. Phytochem.* 7(2):150–156. <https://www.phytojournal.com>
- Commission CA. 1987. Report of the fifth session of the codex committee on cereals, pulses and legumes. *Int. Organ.* 1(2):350–353. doi:10.1017/S0020818300006160.
- D'Amico S, Jungkunz S, Balasz G, Foeste M, Jekle M, Tömöskösi S, Schoenlechner R. 2019. Abrasive milling of quinoa: Study on the distribution of selected nutrients and proteins within the quinoa seed kernel. *J. Cereal Sci.* 86(January):132–138. doi:10.1016/j.jcs.2019.01.007.
- Dharmaraj U, Sathyendra Rao B V., Sakhare SD, Inamdar AA. 2016. Preparation of semolina from foxtail millet (*Setaria italica*) and evaluation of its quality characteristics. *J. Cereal Sci.* 68:1–7. doi:10.1016/j.jcs.2015.11.003.
- Doymaz I, Kipcak AS, Piskin S. 2015. Microwave drying of green bean slices: drying kinetics and physical quality. *Czech J. Food Sci.* 33(4):367–376. doi:10.17221/566/2014-CJFS.
- Egharevba HO. 2020. Chemical Properties of Starch and Its Application in the Food Industry. Di dalam: Chemical Properties of Starch. hlm. 1–26. <https://doi.org/10.5772/intechopen.87777>
- Fang S, Chen C, Yao Y, Nsor-Atindana J, Liu F, Chen M, Zhong F. 2022. Study on the pasting properties of indica and japonica waxy rice. *Foods.* 11(8). doi:10.3390/foods11081132.
- Fujita S, Donghui L, Sugimoto Y, Inouchi N, Fuwa H. 1989. Some properties of starch from foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.). *Agric. Biol. Chem.* 53(4):1163–1165. doi:10.1271/bbb1961.53.1163.
- Goudar G, Manne M, Sathisha GJ, Sharma P, Mokalla TR, Kumar SB, Ziouzenkova O. 2023. Phenolic, nutritional and molecular interaction study among different millet varieties. *Food Chem. Adv.* 2(June 2022):100150. doi:10.1016/j.focha.2022.100150.

- Guan E, Yang Y, Pang J, Zhang T, Li M, Bian K. 2020. Ultrafine grinding of wheat flour: Effect of flour/starch granule profiles and particle size distribution on falling number and pasting properties. *Food Sci. Nutr.* 8(6):2581–2587. doi:10.1002/fsn3.1431.
- Hasnelly H, Fitriani E, Ayu SP, Hervelly H. 2020. Pengaruh derajat penyosohan terhadap mutu fisik dan nilai gizi beberapa jenis beras. *agriTECH.* 40(3):182–189. doi:10.22146/agritech.47487.
- He L, Zhang B, Wang X, Li H, Han Y. 2015. Foxtail millet: Nutritional and eating quality, and prospects for genetic improvement. *Front. Agric. Sci. Eng.* 2(2):124–133. doi:10.15302/J-FASE-2015054.
- Hutchings JB. 1999. Food Colour and Appearance. Ed ke-1. New York: Springer New York. doi.org/10.1007/978-1-4615-2373-4_1
- Ibrahim O, Menkovska M. 2022. Dietary fibers-classification, properties, analysis and function: a review. *Adv. Biosci. Biotechnol.* 13(12):527–544. doi:10.4236/abb.2022.1312036.
- Jackson DS. 2003. STARCH | Structure, properties, and determination. encyclopedia of food sciences and nutrition, 5561–5567. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/01141-x>
- Juhaeti T, Widodo W, Setyowati N, Lestari P, Syarif F, Saefudin, Gunawan I, Budiarmo, Agung RH. 2019. Serealia lokal jewawut (*Setaria italica* (L.) P. Beauv): gizi, budaya, dan kuliner. *Biol. Sains.* 1(1):9-17.
- Juliano BO. 1999. Comparative nutritive value of various staple foods. *Food Reviews International.* 15(4), 399–434. <https://doi.org/10.1080/87559129909541197>
- Kalsi R, Bhasin JK. 2023. Nutritional exploration of foxtail millet (*Setaria italica*) in addressing food security and its utilization trends in food system. *eFood.* 4(5):1–22. doi:10.1002/efd2.111.
- Khatun A, Waters DLE, Liu L. 2022. The impact of rice lipid on in vitro rice starch digestibility. *Foods.* 11(10):1–22. doi:10.3390/foods11101528.
- Kim S-K, Sohn E-Y, Lee I-J. 2009. Starch properties of native foxtail millet, *Setaria italica* Beauv. *J. Crop Sci. Biotechnol.* 12(1):59–62. doi:10.1007/s12892-009-0073-0.
- Mauro RR, Vela AJ, Ronda F. 2023. Impact of starch concentration on the pasting and rheological properties of gluten-free gels. effects of amylose content and thermal and hydration properties. *Foods.* 12(12). doi:10.3390/foods12122281.
- Milovanovic B, Djekic I, Miocinovic J, Djordjevic V, Lorenzo JM, Barba FJ, Mörlein D, Tomasevic I. 2020. What is the color of milk and dairy products and how is it measured? *Foods.* 9(11):1–17. doi:10.3390/foods9111629.
- Mokrzycki Cardinal Stefan W, Tatol M. 2011. Colour difference ΔE : A Survey. *Mach. Graph. Vis.* 20(4):383–411. <https://wisotop.de/assets/2017/DeltaE-%20Survey-2.pdf>
- Muchtadi D, Palupi NS, Astawan M. 1992. Metode Kimia, Biokimia, dan Biologi dalam Evaluasi Nilai Gizi. Bogor: IPB University.
- Nisah K. 2017. Study pengaruh amilosa dan amilopektin umbi-umbian terhadap karakteristik fisik plastik biodegradable. *J. Biot.* 5(2):106–113. doi.org/10.22373/biotik.v5i2.3018
- Pflugfelder LW, Rooney RL. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.* 63(5):1607–1623. doi.org/10.2527/jas1986.6351607x
- Puspita PS, Hermana W, Nahrowi. 2019. Effect of isoamylase application on chemical characteristic of cassava root meal starch. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 251(1):1–4. doi:10.1088/1755-1315/251/1/012058.
- Ramlah, Pabendon MB, Daryono BS. 2020. Local food diversification of foxtail millet (*Setaria italica*) cultivars in West Sulawesi, Indonesia: A case study of diversity and local culture. *Biodiversitas.* 21(1):67-73. doi:10.13057/biodiv/d210110.
- Reddy CK, Kimi L, Haripriya S, Kang N. 2017. Effects of polishing on proximate composition, physico-chemical characteristics, mineral composition and antioxidant properties of pigmented rice. *Rice Sci.* 24(5):241–252. doi:10.1016/j.rsci.2017.05.002.

- Rioseco M, Wagner S. 2021. Analysis of color differences between identical tooth shades obtained by a spectrophotometer. *Int. J. Interdiscip. Dent.* 14(3):233–236. doi:10.4067/s2452-55882021000300233.
- Rulaningtyas R, Suksmono AB, Mengko TLR, Saptawati GP. 2015. Segmentasi citra berwarna dengan menggunakan metode clustering berbasis patch untuk identifikasi Mycobacterium tuberculosis. *Biosains Pascasarj.* 17(1):19–25. doi:10.20473/jbp.v17i1.2015.19-25.
- Salimi YK, Zakaria FR, Bambang PP, Widowati S. 2011. Pengaruh penyosohan serealisa sorgum dan jewawut terhadap kandungan gizi ekstrak serat beta glukukan dan aktivitas-proliferasi sel limfosit. *Sainstek.* 6(3):19–29. <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/ST/article/view/392>
- Sedghi M, Golian A, Soleimani-Roodi P, Ahmadi A, Aami-Azghadi M. 2012. Relationship between color and tannin content in sorghum grain: Application of image analysis and artificial neural network. *Rev. Bras. Cienc. Avic. / Brazilian J. Poult. Sci.* 14(1):57–62. doi:10.1590/S1516-35X2012000100010.
- Shamim F, Raza MA, Riaz M. 2020. Estimation of amylose content of rice varieties using NIR spectroscopy technique and its impact on cooking quality. *Merit Reseach J.* 8(10):143–147. <http://meritresearchjournals.org/asss/index.htm>
- Shen R, Yang S, Zhao G, Shen Q, Diao X. 2015. Identification of carotenoids in foxtail millet (*Setaria italica*) and the effects of cooking methods on carotenoid content. *J. Cereal Sci.* 61:86–93. doi:10.1016/j.jcs.2014.10.009.
- Sruthi NU, Rao PS, Bennett SJ, Bhattarai RR. 2023. Formulation of a synergistic enzyme cocktail for controlled degradation of sorghum grain pericarp. *Foods.* 12(2). doi:10.3390/foods12020306.
- Sruthi NU, Rao PS, Rao BD. 2021. Decortication induced changes in the physico-chemical, anti-nutrient, and functional properties of sorghum. *J. Food Compos. Anal.* 102(June):104031. doi:10.1016/j.jfca.2021.104031.
- Sulistyaningrum A, Aqil M. 2017. Karakteristik tepung jewawut (foxtail millet) varietas lokal majene dengan perlakuan perendaman. *J. Penelit. Pascapanen Pertan.* 14(1):11–21. doi.org/10.21082/jpasca.v14n1.2017.11-21
- Sumardiono S, Jos B, Antoni MFZ, Nadila Y, Handayani NA. 2022. Physicochemical properties of novel artificial rice produced from sago, arrowroot, and mung bean flour using hot extrusion technology. *Heliyon.* 8(2). doi:10.1016/J.HELİYON.2022.E08969.
- Tamura M, Kumagai C, Ogawa Y. 2022. Influence of structural changes of brown rice by precise polishing on in vitro starch digestibility of cooked rice grain. *Food Hydrocoll. Heal.* 2(March):100077. doi:10.1016/j.fhfh.2022.100077.
- Tarigan EB, Kusbiantoro B. 2011. Pengaruh derajat sosoh dan pengemas terhadap mutu beras aromatik selama penyimpanan. *Penelit. Pertan. Tanam. Pangan.* 30(1):30–37. doi:10.21082/jpptp.v30n1.2011.p%p
- Taylor JR, Duodu KG. 2015. Effects of processing sorghum and millets on their phenolic phytochemicals and the implications of this to the health-enhancing properties of sorghum and millet food and beverage products. *J. Sci. Food Agric.* 95(2):225–237. doi:10.1002/jsfa.6713.
- Thorne MJ, Thompson LU, Jenkins DJA. 1983. Factors affecting starch digestibility and the glycemic response with special reference to legumes. *Am. J. Clin. Nutr.* 38(3):481–488. doi:10.1093/ajcn/38.3.481.
- Tiwari M, Tiwari A, Chauhan K. 2023. Millets Starch and its functionality. *Just Agric.* 3(8):346–354. <https://justagriculture.in/files/newsletter/2023/April/64.%20Millets%20Starch%20and%20Its%20Functionality.pdf>
- USDA. 2020. National Nutrient Data Base for Standard Reference Rice. United States Dep.Agric.:2.<https://fdc.nal.usda.gov/fdcapp.html#/foodsearch?query=&type=Foundation>
- Widowati S, Sasmitaloka KS, Banurea IR. 2020. Karakteristik fisikokima dan fungsional nasi instan. *J. Pangan.* 29(2):87–104.doi:10.33964/jp.v29i2.459.
- Xie LH, Tang SQ, Wei XJ, Sheng ZH, Shao GN, Jiao GA, Hu SK, Wang-Lin, Hu PS. 2022.

- Simultaneous determination of apparent amylose, amylose and amylopectin content and classification of waxy rice using near-infrared spectroscopy. *Food Chem.* 388(April):132944. doi:10.1016/j.foodchem.2022.132944.
- Xu Z, Xu Y, Chen X, Zhang L, Li H, Sui Z, Corke H. 2021. Polishing conditions in rice milling differentially affect the physicochemical properties of waxy, low- and high-amylose rice starch. *J. Cereal Sci.* 99(November 2020):103183. doi:10.1016/j.jcs.2021.103183.
- Yang Q, Zhang W, Li J, Gong X, Feng B. 2019. Physicochemical properties of starches in proso and foxtail millets. *Molecules.* 24. doi: 10.3390/molecules24091743
- Yang Y bing, Jia G qing, Deng L gang, Qin L, Chen E ying, Cong X jun, Zou R feng, Wang H lian, Zhang H wen, Liu B, et al. 2017. Genetic variation of yellow pigment and its components in foxtail millet (*Setaria italica* (L.) P. Beauv.) from different eco-regions in China. *J. Integr. Agric.* 16(11):2459–2469. doi:10.1016/S2095-3119(16)61598-8.
- Yang Z, Xu C, Wang W, Xu X, Yang HM, Wang ZY, Rose SP, Pirgozliev V. 2022. Dietary amylose and amylopectin ratio changes starch digestion and intestinal microbiota diversity in goslings. *Br. Poult. Sci.* 63(5):691–700. doi:10.1080/00071668.2022.2079398.
- Yin SY, Kuo SM, Chen YR, Tsai YC, Wu YP, Lin YR. 2019. Genetic variation of physicochemical properties and digestibility of foxtail millet (*Setaria italica*) landraces of Taiwan. *Molecules.* 24(23). doi:10.3390/molecules24234323.
- Yonata D, Nurhidajah N, Sya'di YK. 2021. Profil tepung foxtail millet varietas lokal majene termodifikasi melalui fermentasi ekstrak kubis terfermentasi. *J. Apl. Teknol. Pangan.* 10(2):2021. <https://doi.org/10.32765/wartaihp.v39i1.6650>
- Zhang LZ, Liu RH. 2015. Phenolic and carotenoid profiles and antiproliferative activity of foxtail millet. *Food Chem.* 174:495501. doi:10.1016/j.foodchem.2014.09.089.
- Zhu Y, Chu J, Lu Z, Lv F, Bie X, Zhang C, Zhao H. 2018. Physicochemical and functional properties of dietary fiber from foxtail millet (*Setaria italica*) bran. *J. Cereal Sci.* 79:456–461. doi:10.1016/j.jcs.2017.12.011.