

Artikel Penelitian

Profil Tepung Foxtail Millet Varietas Lokal Majene Termodifikasi Melalui Fermentasi Ekstrak Kubis Terfermentasi

Profile of Foxtail Millet Flour Local Varieties Majene Modified Through Fermentation of Fermented Cabbage Extract

Diode Yonata*, Nurhidajah, Yunan Kholifatuddin Sya'di

Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

*Korespondensi dengan penulis (yonata@unimus.ac.id)

Artikel ini dikirim pada tanggal 14 Agustus 2020 dan dinyatakan diterima tanggal 23 Februari 2021. Artikel ini juga dipublikasi secara online melalui <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jatp>. Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang diperbanyak untuk tujuan komersial. Diproduksi oleh Indonesian Food Technologists © 2021

Abstrak

Foxtail millet adalah salah satu tanaman sereal yang pemanfaatannya sebagai sumber makanan tergolong masih sangat rendah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui profil tepung *foxtail millet* (TFM) varietas lokal Majene termodifikasi melalui proses fermentasi ekstrak kubis terfermentasi (EKT). Bakteri asam laktat (BAL) pada EKT memiliki kemampuan yang sangat baik untuk memperbaiki sifat fungsional dan fisikokimia TFM. Biji *Foxtail millet* yang telah disosoh selanjutnya dimodifikasi menggunakan EKT selama 0, 12, 24, 36, dan 48 jam, kemudian dikeringkan hingga diperoleh TFM. Hasil penelitian menunjukkan modifikasi TFM melalui fermentasi EKT berpengaruh terhadap profil tepung yang dihasilkan. Peningkatan waktu fermentasi dari 0 ke 48 jam menyebabkan penurunan pada kadar abu dari 1,41 ke 1,22%, kadar lemak dari 2,93 ke 2,46%, kadar serat dari 4,33 ke 3,45%, derajat putih dari 71,02 ke 67,94, kadar pati dari 66,38 ke 59,95%, densitas kamba dari 0,77 ke 0,48 g/cm³, dan menyebabkan peningkatan kadar air dari 8,36 ke 9,18%, kadar protein dari 10,36 ke 12,73%, kadar amilosa dari 17,82 ke 20,85%, kelarutan dari 13,55 ke 19,77%, daya kembang dari 12,85 ke 17,13%, kapasitas penyerapan air dari 1,32 ke 1,83 g/g, kapasitas penyerapan minyak dari 1,02 ke 1,23 g/g dan daya cerna pati dari 16,33 ke 51,63%. Kesimpulannya, profil TFM lokal varietas Majene dapat diperbaiki dengan proses fermentasi selama 48 jam menggunakan EKT.

Kata kunci: *Foxtail millet*, ekstrak kubis terfermentasi, modifikasi, fermentasi, profil tepung

Abstract

Foxtail millet is one of the cereal plants whose utilization as a food source is still very low. This research aimed to determine the profile of foxtail millet flour (TFM) local varieties of Majene modified through a fermentation process of fermented cabbage extract (EKT). Lactic acid bacteria (LAB) in EKT have an excellent ability to improve the functional and physicochemical properties of TFM. Foxtail millet seeds that had been polished were further modified using EKT (0, 12, 24, 36, and 48 hours), then dried until TFM was obtained. The results showed that TFM modification through EKT fermentation affected the profile of the flour produced. Increase in fermentation time from 0 to 48 hours caused decrease in ash content (1.41–1.22 %), fat content (2.93–2.46 %), fiber content (4.33–3.45 %), whiteness degree (71.02–67.94), starch content (66.38–59.95 %), and bulk density (0.77–0.48 g/cm³), as well as an increase in water content (8.36–9.18 %), protein content (10.36–12.73 %), amylose content (17.82–20.85 %), solubility (13.55–19.77 %), swelling power (12, 85–17.13 %), water absorption capacity (1.32–1.83 g/g), oil absorption capacity (1.02–1.23 g/g) and starch digestibility (16.33–51, 63 %). In conclusion, the local TFM profile of the Majene variety could be improved by fermentation process for 48 hours using EKT.

Keywords: *Foxtail millet*, fermented cabbage extract, modified, fermentation, flour profile

Pendahuluan

Jewawut atau lebih dikenal dengan millet termasuk sereal berbentuk bulat, tersedia dengan berbagai ukuran dan warna tergantung pada varietasnya. Millet masih satu keluarga dengan jagung dan sorgum, secara alami dapat beradaptasi pada daerah kering dan semi kering seperti Asia dan Afrika (Saleh *et al.*, 2013). Millet terdiri dari beberapa varietas, *Foxtail millet* (*Setaria italic*) merupakan jenis varietas millet yang banyak dijumpai dan tumbuh subur di

Indonesia bagian timur seperti Kabupaten Majene, Sulawesi Barat.

Foxtail millet adalah salah satu tanaman sereal yang paling awal dibudidayakan, namun pemanfaatannya sebagai sumber makanan sangat rendah (Sharma and Niranjana, 2018). Pemanfaatan *Foxtail millet* di Indonesia hingga saat ini hanya sebatas pakan burung, kurangnya referensi terkait kandungan millet berdampak pada rendahnya minat konsumsi masyarakat. Sebagaimana tepung alami lainnya, tepung *Foxtail millet* (TFM) memiliki kelemahan ketika

diaplikasikan dalam produk pangan. Sulistyaingrum *et al.* (2017) melaporkan bahwa proses perendaman biji *Foxtail millet* hingga 4 jam mampu memperbaiki karakteristik fisik, kimia dan organoleptik TFM yang dihasilkan, namun belum begitu optimal, sehingga diperlukan teknik modifikasi untuk menghasilkan tepung millet yang baik.

Penelitian mengenai modifikasi millet umumnya di Indonesia sangat terbatas. Marta *et al.* (2016) memodifikasi millet putih (*Pennisetum glaucum*) dengan teknik *heat moisture treatment* dan *annealing*, sedangkan Mahendra *et al.* (2019) mengkaji pengaruh modifikasi secara fermentasi dan dan kecambah pada millet proso (*Panicum miliaceum*). Informasi terkait TFM termodifikasi belum tersedia. Beberapa teknik modifikasi untuk memperbaiki karakteristik TFM di berbagai negara telah banyak dilaporkan, seperti *heat moisture treatment*, hidrolisis asam, enzimatis dan ultrasound (Dey and Sit., 2016), *annealing* dan *ultra-sonication* (Babu *et al.*, 2019), proses perkecambahan (Sharma *et al.*, 2016), hingga proses fermentasi (Chu *et al.*, 2019). Proses fermentasi diketahui teknik modifikasi yang paling ramah lingkungan, aman, murah dan mudah diaplikasikan. Fermentasi dapat dilakukan secara spontan maupun menggunakan starter murni yang umumnya berasal dari golongan bakteri asam laktat (BAL).

Hersoelistorini *et al.* (2015) melaporkan bahwa ekstrak kubis yang difermentasi dengan penambahan garam (*sauerkraut*) mengandung BAL yang dapat digunakan sebagai starter dalam proses modifikasi tepung secara fermentasi. Ekstrak kubis terfermentasi (EKT) mengandung 2 jenis BAL yaitu *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus brevis* yang bersifat selulolitik (Utama *et al.*, 2018), yang dapat mendegradasi komponen selulosa pada tepung millet sehingga pati terhidrolisis. Setiarto dan Widhyastuti (2016) juga melaporkan bahwa *Lactobacillus plantarum* memiliki aktivitas enzim amilase yang sangat tinggi mencapai $7,3 \times 10^6$ CFU/mL. BAL dengan aktivitas amilase yang tinggi sangat berpotensi dalam menghidrolisis ikatan linear α -1,4 glikosidik pada amilosa secara acak menjadi campuran dekstrin, maltose dan glukosa (Alariya *et al.*, 2013).

Waktu fermentasi merupakan salah satu faktor terpenting dalam proses modifikasi tepung. Proses modifikasi yang optimal berlangsung ketika proses fermentasi memasuki fase stasioner umumnya setelah 20 jam, dimana ketersediaan nutrisi mikroba mulai berkurang. Pada kondisi tersebut mikroba dapat terstimulasi menjadi enzim tertentu, yang akan mendegradasi senyawa kompleks pada tepung millet menjadi senyawa yang lebih sederhana dan memperbaiki sifat fisikokimia tepung yang dihasilkan (Nurani *et al.*, 2013).

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui profil TFM varietas lokal Majene (komposisi proksimat, karakteristik warna, kadar pati, kadar amilosa, *bulk density*, *solubility*, *swelling power*, kapasitas penyerapan air, kapasitas penyerapan minyak dan daya cerna pati) yang dimodifikasi menggunakan EKT berdasarkan lama

waktu fermentasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi para peneliti dan meningkatkan minat masyarakat untuk memanfaatkan TFM menjadi bahan baku berbagai produk pangan.

Materi dan Metode

Materi

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi biji *Foxtail millet* lokal yang diperoleh dari Majene (Sulawesi Barat), kubis putih yang diperoleh dari Sumowono (Kab. Semarang), garam krosok, akuades. Bahan untuk analisis kimia meliputi: *Benzena*, H_2SO_4 , NaOH, *acetone*, alkohol 96%, K_2SO_4 , HCl, *methyl red*, H_3BO_3 , *phenolphthalein*, *folin-ciocalteu's*, *dimtrosalicylik acid*, CH_3COOH , I_2 , *buffer phospat* pH 7,0, dan larutan enzim α -amilase, semua reagen merupakan *pro analysis*.

Peralatan yang digunakan selama penelitian adalah *waterbath* dan oven (Memmert, Germany), *cabinet dryer* (Agrowindo, Indonesia), timbangan digital (Kenko, Indonesia), labu kjeldhal lengkap, labu soxhlet lengkap, lemari asam, *Chromameter* (Minolta CR-310, Japan), *muffle furnace*, gelas beker, erlenmeyer, gelas ukur, labu ukur, pipet volume, pipet mikro, desikator, *autoclave* (Hirayama, Japan), *vortex*, *centrifuge*, dan UV-Vis Spektrofotometer (Amtast, USA).

Metode

Penelitian berlangsung selama bulan Januari – Mei 2020. Biji millet difermentasi EKT selama 0, 12, 24, 36 dan 48 jam (Hersoelistorini *et al.*, 2015). Analisis proksimat dilakukan dengan metode AOAC (2005), derajat putih diukur dengan menggunakan Chromameter menurut metode Nielsen (2003), analisis kadar pati dilakukan menurut IRR1 (1978), analisis kadar amilosa dilakukan berdasarkan metode Aliawati (2003), analisis densitas kamba dilakukan berdasarkan metode dari Adeleke and Odedeji (2010), analisis kelarutan dan daya kembang dilakukan berdasarkan metode Singh and Adedeji. (2017), analisis kapasitas penyerapan air dan kapasitas penyerapan minyak dilaksanakan berdasarkan pada metode Adebiyi *et al.* (2016) serta analisis daya cerna pati dilakukan berdasarkan metode Anderson *et al.* (2002).

Proses Pembuatan Ekstrak Kubis Terfermentasi

Proses pembuatan EKT menggunakan metode Edam (2017) dan Utama *et al.*, (2018) dengan modifikasi. Kubis putih yang telah dibersihkan kemudian dipotong kecil-kecil, lalu ditambahkan molasses 6,7% dan garam 3%, selanjutnya difermentasi secara anerob fakultatif selama 8 hari dalam wadah tertutup. Ekstrak kubis hasil fermentasi kemudian digunakan sebagai starter dalam modifikasi TFM.

Proses Modifikasi TFM Menggunakan EKT

Biji *Foxtail millet* kering varietas lokal Majene disosoh, kemudian direndam dalam EKT dengan perbandingan 2:3 (b/v), wadah kemudian ditutup menggunakan aluminium foil. Sampel kemudian diinkubasi pada suhu $37^\circ C$ sesuai perlakuan (0, 12, 24,

36 dan 48 jam), air ekstrak kemudian dibuang. Proses pengeringan dilakukan selama 8 jam pada suhu 60°C menggunakan oven. Setelah itu biji *Foxtail millet* digiling dengan *disk mill*, dan diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Penelitian ini mengacu pada penelitian terdahulu dengan modifikasi (Hersoelistryorini *et al.*, 2015).

Prosedur Analisis Kadar Air dan Kadar Abu

Sebanyak 1 gram TFM dimasukkan ke dalam cawan porselen dengan bobot yang telah diketahui, kemudian dikeringkan selama 6 jam pada suhu 105°C. Cawan kemudian didinginkan selama 15 menit dalam desikator dan selanjutnya ditimbang. Kadar air TFM dinyatakan sebagai kehilangan berat TFM selama pengeringan terhadap berat TFM awal dan dinyatakan dalam persen (AOAC, 2005). Prosedur analisis kadar abu dilakukan dengan menggunakan sampel sebanyak 1 gram TFM yang dimasukkan ke dalam cawan porselen dengan bobot yang telah diketahui, kemudian dimasukkan ke dalam tanur pengabuan pada suhu 550°C selama 5 jam, setelah dingin dilakukan penimbangan. Kadar abu TFM dinyatakan sebagai berat dari abu TFM setelah proses pengabuan terhadap berat TFM awal dan dinyatakan dalam bentuk persen (AOAC, 2005).

Prosedur Analisis Kadar Lemak, Serat, dan Protein

Analisis kadar lemak dilakukan dengan menggunakan 1 gram TFM yang dibungkus dengan kertas saring, dan kemudian dimasukkan ke dalam alat *soxhlet* sesuai dengan prosedur AOAC (2005). Sampel sebanyak 1 gram TFM juga digunakan untuk menganalisis kadar serat. Prosedur analisis kadar protein dilakukan dengan menggunakan sampel sebanyak 0,5 gram (AOAC, 2005).

Prosedur Analisa Derajat Putih

Derajat putih TFM di analisa menggunakan alat *Chomameter Minolta CR-310*, dengan prinsip membaca nilai skor yang tertera pada alat berdasarkan intensitas warna L* (kecerahan), a* (kromatik merah-hijau) dan b* (kromatik kuning-biru) (Nielsen, 2003).

Prosedur Analisa Kadar Pati

Sebanyak 1 gram TFM dimasukkan ke dalam gelas beker yang telah berisi 100 ml etanol 96% secara perlahan, dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* dalam kecepatan rendah. Suspensi TFM kemudian disaring dengan kertas saring *whatman*, residu yang terbentuk pada kertas saring kemudian didiamkan selama 12 jam dalam desikator, dan ditimbang. Selanjutnya dilakukan penimbangan sebanyak 40 mg TFM, ditambahkan akuades sebanyak 20 ml, kemudian diautoklaf selama 1 jam pada suhu 121°C. Sampel yang telah diautoklaf didinginkan pada suhu kamar, dan diencerkan sebanyak 40 kali menggunakan akuades (IRRI, 1978).

Sebanyak 0,5 gram TFM dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan reagen fenol 5% sebanyak 0,5 ml, kemudian dihomogenkan menggunakan vorteks. Larutan H₂SO₄ pekat sebanyak 2,5 ml kemudian

ditambahkan secara perlahan ke dalam tabung reaksi, didiamkan selama 10 menit pada suhu ruang, diaduk dengan vorteks dan didiamkan kembali pada suhu ruang selama 20 menit. Nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 490 nm menggunakan spektrofotometer. Kadar glukosa (mg/ml) ditentukan menggunakan kurva standar. Kadar total gula (persen berat kering) diperoleh dari kurva standar. Formula kadar pati ditunjukkan dengan rumus berikut ini:

$$\text{Kadar total pati (\%bk)} = \frac{G}{W} \times V \times \text{FP} \times 100\% \times 0,9$$

Keterangan

G = Kadar glukosa (mg/ml)
W = Bobot sampel (mg)
V = Volume total reaksi (ml)
FP = Faktor pengencer

Prosedur Analisa Kadar Amilosa

Sebanyak 100 mg TFM dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml selanjutnya ditambahkan 1 ml etanol 95% dan NaOH 1 N sebanyak 9 ml. Larutan kemudian dipanaskan selama 10 menit pada suhu 100°C, dan didinginkan selama 60 menit. Larutan selanjutnya dipipet sebanyak 5 ml, masukkan ke dalam labu ukur 100 ml yang telah berisi 60 ml air destilat, kemudian ditambahkan 1 ml CH₃COOH 1N dan 2 ml I₂ 2% dan diencerkan menggunakan akuades hingga volume 100 ml. Larutan dihomogenkan, didiamkan selama 20 menit kemudian absorbansinya diukur pada panjang gelombang 620 nm dengan spektrofotometer (Aliawati, 2003). Kadar amilosa dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\text{Kadar amilosa} = \frac{A_{620} \times f.k \times 100 \times 100\%}{100 - k.a}$$

Keterangan:

A₆₂₀ = absorbansi sampel
f.k = faktor konversi (1/ absorbansi 1 ppm x 50)
k.a = kadar air

Prosedur Analisa Densitas Kamba

Sebanyak 100 gram masing-masing TFM sesuai perlakuan diletakkan ke dalam gelas ukur 100 ml, tepatkan pada garis batas. TFM kemudian ditimbang, hasil penimbangan dinyatakan sebagai densitas kamba dalam satuan g/cm³ (Adeleke and Odedeji, 2010).

Prosedur Analisis Kelarutan dan Daya Kembang

TFM sebanyak 100 mg digunakan untuk menghitung kelarutan dan daya kembang sesuai dengan metode Singh and Adedeji (2017).

Prosedur Analisis Kapasitas Penyerapan Air (KPA) dan Penyerapan Minyak (KPM)

Masing-masing 10 gram aquades dan 10 gram minyak kelapa murni ditambahkan pada 1 gram TFM lalu dihomogenkan dengan baik dan disimpan selama 30 menit pada suhu ruang. Campuran kemudian disentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 2.000 rpm, supernatan lalu ditimbang. KPA dan KPM dihitung berdasarkan perbedaan antara berat awal sampel dengan berat sampel setelah ditambahkan akuades atau minyak. Hasil yang diperoleh dinyatakan dalam berat

kering gram air/minyak yang diikat per gram sampel TFM (Adebiyi *et al.*, 2016).

Prosedur Analisis Daya Cerna Pati

Sebanyak 1 gram TFM diletakkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, dan ditambahkan 100 ml akuades dan ditutup menggunakan aluminium foil. Erlenmeyer kemudian dipanaskan dalam penangas air yang bersuhu $\pm 90^{\circ}\text{C}$ sambil diaduk secara perlahan, dan didinginkan. Sebanyak 2 ml larutan sampel dicampurkan dengan 3 ml akuades dan 5 ml larutan *buffer fosfat* pH 7 di dalam tabung reaksi bertutup. Setiap sampel disiapkan dua kali, dan salah satunya digunakan sebagai blangko. Sampel dalam tabung tertutup kemudian diinkubasi selama 15 menit pada suhu 37°C . Selanjutnya ditambahkan larutan enzim α -amilase (1 mg/mL dalam larutan *buffer fosfat* pH 7,0) sebanyak 5 ml. Proses inkubasi dilanjutkan selama 30 menit. Kemudian 1 ml sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi bertutup yang telah berisi 2 ml larutan DNS (asam dinitrosalisinat) dan dipanaskan selama 12 menit, selanjutnya didinginkan pada air yang mengalir. Sebanyak 10 ml akuades ditambahkan yang kemudian divorteks agar homogen. Absorbansi larutan blangko dan sampel diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 520 nm. Daya cerna pati (dalam %) dihitung dari rasio selisih dengan blangko, kadar maltosa sampel dan kadar maltosa pati murni (Anderson *et al.*, 2002)

Analisa Statistik

Data yang diperoleh, dianalisa dengan metode uji beda *One-Way* ANOVA menggunakan SPSS 16.0 dan uji lanjut LSD pada level signifikan yang ditetapkan sebesar $\alpha = 0,05$.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Proksimat

Proses modifikasi TFM berdasarkan waktu fermentasi menggunakan EKT memberikan pengaruh terhadap kandungan proksimat TFM (Tabel 1). Kadar air dan kadar protein TFM cenderung meningkat seiring peningkatan waktu fermentasi, sedangkan kadar abu, kadar lemak dan kadar serat TFM mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya waktu fermentasi.

Kadar air TFM tanpa perlakuan sedikit lebih rendah (8,36%) dibandingkan dengan kadar air TFM varietas sama sebagaimana yang dilaporkan oleh Sulistyaningrum *et al.* (2017) yang terdeteksi sebesar 8,99%. Fermentasi TFM menggunakan EKT selama 24 jam menyebabkan kadar air TFM meningkat hingga 2,99%. Chu *et al.* (2019), melaporkan hasil yang sama bahwa terjadi peningkatan kadar air pada tepung millet hingga 2,44% setelah 24 jam fermentasi menggunakan bakteri *Bacillus natto*. Fermentasi menyebabkan granula pati TFM mengalami pembengkakan karena makromolekul seperti protein, lemak dan pati terdegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana. Rongga antar sel dapat terbentuk semakin besar yang menyebabkan terjadinya proses difusi. Saat pengeringan berlangsung, kadar air dapat lebih mudah terlepas dari ikatan antar sel karena rongga yang

terbentuk selama fermentasi. Data pada Tabel 1, peningkatan kadar air TFM mulai melandai setelah 24 jam fermentasi dan tidak ada perbedaan yang signifikan hingga fermentasi 48 jam. Hal ini dimungkinkan karena proses difusi air ke bahan sudah optimal.

Tabel 1. Kandungan proksimat TFM termodifikasi EKT

Lama Fermentasi (jam)	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Serat (%)	Kadar Protein (%)
0	8,36 \pm 0,06 ^a	1,41 \pm 0,02 ^c	2,93 \pm 0,02 ^e	4,33 \pm 0,03 ^e	9,12 \pm 0,06 ^a
12	8,61 \pm 0,11 ^b	1,33 \pm 0,02 ^b	2,78 \pm 0,04 ^d	4,19 \pm 0,02 ^d	9,52 \pm 0,04 ^b
24	9,11 \pm 0,04 ^c	1,23 \pm 0,02 ^a	2,64 \pm 0,03 ^c	3,67 \pm 0,03 ^c	10,52 \pm 0,06 ^c
36	9,17 \pm 0,02 ^c	1,25 \pm 0,02 ^a	2,51 \pm 0,03 ^b	3,51 \pm 0,03 ^b	11,06 \pm 0,03 ^d
48	9,18 \pm 0,05 ^c	1,22 \pm 0,02 ^a	2,46 \pm 0,01 ^a	3,45 \pm 0,03 ^a	11,20 \pm 0,04 ^e

Keterangan:

1. Semua nilai merupakan nilai *mean* \pm standar deviasi
2. Nilai superskrip yang berbeda antar kolom menunjukkan ada perbedaan antar perlakuan dengan tingkat kepercayaan 95% berdasarkan uji beda ANOVA dan uji lanjut LSD.

TFM alami memiliki kadar protein sebesar 9,12%, proses fermentasi selama 48 jam menyebabkan kadar protein TFM meningkat sebesar 22,81%, ada korelasi positif yang kuat antara peningkatan kadar protein dengan waktu fermentasi. Selama fermentasi berlangsung, BAL akan mengekskresikan metabolit primer maupun sekunder yang dapat meningkatkan kandungan asam amino tepung (Setiarto *et al.*, 2016). Ada dugaan kuat bahwa peningkatan asam amino selama fermentasi berkontribusi positif dengan kadar protein yang dihasilkan seperti yang dilaporkan Adebiyi *et al.*, (2017). Proses fermentasi millet sebelumnya juga dilaporkan Osman (2010), kadar protein diamati menurun ketika fermentasi dilakukan pada waktu yang relatif singkat (4-16 jam), namun ketika waktu fermentasi ditingkatkan hingga 24 jam diamati kadar protein meningkat signifikan. Kondisi ini bisa dikaitkan dengan ketersediaan mikroba selama fermentasi. BAL seperti *Lactobacillus plantarum* mampu tumbuh hingga waktu 72 jam yang ditandai dengan penurunan pH dan peningkatan keasaman cairan ekstrak (Ojokoh and Bello, 2014). Peningkatan jumlah BAL menyebabkan aktivitas mikroba penghasil protein dapat meningkat (Handayani, 2018). Selain itu, aktivitas mikroorganisme yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan pada kadar protein karena terjadi proses degradasi protein kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana (Pranoto *et al.*, 2013)

Produk tepung dengan kadar lemak yang tinggi dapat memicu proses oksidasi, selanjutnya menimbulkan ketengikan sehingga mutu produk menurun. Proses modifikasi TFM dengan EKT menyebabkan kadar lemak TFM alami (2,93%) turun secara signifikan (2,46%) setelah 48 jam fermentasi. Selama proses fermentasi berlangsung, terjadi proses hidrolisis lemak oleh aktivitas enzim lipolitik menjadi asam lemak dan gliserol (Chinma *et al.*, 2009). Namun demikian, penurunan kadar lemak TFM mulai konstan ketika waktu fermentasi mencapai titik optimal. Hal ini dimungkinkan karena aktivitas enzim lipolitik mulai menurun. Hasil pengamatan dalam penelitian ini bertentangan dengan laporan Osman (2011), diketahui

bahwa proses fermentasi tidak berpengaruh terhadap kadar lemak tepung millet. Kontradiksi ini dimungkinkan karena perbedaan jenis mikroba yang digunakan dalam proses fermentasi, begitu juga dengan varietas millet yang digunakan (Antony *et al.*, 1996). Amadou *et al.* (2014) sebelumnya juga melaporkan bahwa kadar lemak beberapa jenis millet berkisar antara 1,8–4,9%. Secara umum kadar lemak biji-bijian maupun sereal terdapat rendah, namun pengamatan kadar lemak sangat penting untuk dilakukan. Kadar lemak yang tinggi dapat menurunkan sifat fungsional tepung seperti *swelling power* dan *solubility* (Aini *et al.*, 2016).

Waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap kadar serat kasar TFM termodifikasi EKT. Fermentasi 48 jam menyebabkan kadar serat kasar TFM menurun secara signifikan hingga 20,32%. Penelitian ini sejalan dengan laporan Ojokoh *et al.* (2015), bahwa fermentasi selama 72 jam menyebabkan kadar serat kasar millet mutiara menurun hingga 27,41%. Polisakarida penyusun serat akan terhidrolisis oleh BAL menjadi gula yang digunakan sebagai media pertumbuhan selama proses fermentasi berlangsung. Serat tidak larut seperti pektin dapat dimetabolisme oleh BAL menjadi *pentose* yang kemudian dirombak menjadi asam lemak rantai pendek dan energi (Nkhata *et al.*, 2018). Rahmawati *et al.* (2015) juga melaporkan ada hubungan yang kuat antara penurunan serat kasar dengan peningkatan jumlah BAL, dari pengamatan tersebut sebesar 68,35% penurunan kadar serat kasar disebabkan oleh peningkatan jumlah BAL.

Derajat Putih

Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan ada pengaruh lama fermentasi terhadap derajat putih TFM. Nilai L* TFM berkisar antara 70,17–73,14, dengan nilai a* dan b* masing-masing berkisar antara 4,62–5,26 dan 9,67–10,72. Fermentasi selama 48 jam menyebabkan nilai L* menurun secara signifikan, sedangkan nilai a* dan b* cenderung meningkat. Penurunan nilai L* mengindikasikan derajat putih TFM juga ikut menurun.

Tabel 2. Karakteristik warna TFM

Lama Fermentasi (jam)	L*	a*	b*	Derajat Putih
0	73,14±0,12 ^e	4,62±0,06 ^a	9,85±0,05 ^b	71,02±0,11 ^e
12	72,52±0,08 ^d	4,92±0,04 ^c	9,67±0,06 ^a	70,46±0,09 ^d
24	71,29±0,08 ^c	5,26±0,06 ^e	10,31±0,07 ^c	69,04±0,06 ^c
36	70,64±0,06 ^b	5,17±0,05 ^d	10,64±0,05 ^d	68,35±0,14 ^b
48	70,17±0,07 ^a	4,81±0,03 ^b	10,72±0,07 ^e	67,94±0,06 ^a

Keterangan:

- Semua nilai merupakan nilai *mean* ± standar deviasi
- Nilai superskrip yang berbeda antar kolom menunjukkan ada perbedaan antar perlakuan dengan tingkat kepercayaan 95% berdasarkan uji beda ANOVA dan uji lanjut LSD.

Proses fermentasi selama 48 jam juga mengakibatkan kadar abu TFM menurun hingga 13,47%. Namun, kadar abu TFM hasil fermentasi 24 jam hingga 48 jam cenderung stabil. Penurunan kadar abu TFM bukan disebabkan oleh proses metabolisme selama fermentasi, tetapi disebabkan karena adanya pelepasan mineral pada saat perendamaan (Nurhayati

et al., 2014). Tim penelitian Aini *et al.*, (2010) melaporkan bahwa penurunan kadar abu selama fermentasi merupakan dampak dari *leaching* sebagian mineral pada air perendaman. Cairan EKT yang bersifat asam memungkinkan terjadinya degradasi garam anorganik dan beberapa mineral pada tepung millet seperti magnesium, kalium serta mangan, sedangkan mineral kalsium dan fosfor cenderung lebih stabil (Adebiyi *et al.*, 2017).

Fermentasi 48 jam menyebabkan derajat putih TFM menurun hingga 4,34%. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Edam (2017), fermentasi dapat menyebabkan derajat putih tepung menurun dan tepung cenderung sedikit kekuningan. Ada indikasi penurunan derajat putih disebabkan oleh EKT yang berwarna keruh, masih menempel pada tepung setelah fermentasi, namun demikian penurunan derajat putih TFM relatif masih rendah. Pernyataan lain memperkuat hasil penelitian ini adalah laporan Rahayu *et al.* (2019), bahwa derajat putih tepung menurun seiring meningkatnya konsentrasi BAL selama fermentasi. BAL seperti *Lactobacillus* sp umumnya menghasilkan asam organik selama proses fermentasi berlangsung (Desnilasari *et al.*, 2020), yang menyebabkan nilai b* tepung meningkat. Peningkatan nilai b* akan menyebabkan penurunan derajat putih tepung, nilai b* yang menyatakan parameter tepung berwarna kuning seperti yang dilaporkan oleh Lamsal and Faubion (2009).

Kadar Pati dan Amilosa

TFM varietas lokal Majene memiliki kadar pati sebesar 66,38% (Tabel 3), lebih tinggi dari yang dilaporkan Heuzé *et al.* (2015) yaitu 57,90%. Proses fermentasi menyebabkan kadar pati TFM varietas Majene menurun hingga 9,69%. Persentase penurunan kadar pati TFM tertinggi terdapat pada fermentasi 36 jam, sedangkan persentase penurunan terendah terdapat pada fermentasi 48 jam. Pemecahan molekul pati terus bertambah seiring peningkatan waktu fermentasi. Aktivitas enzim amilase dari BAL menghidrolisis pati selama fermentasi berlangsung. Penurunan kadar pati juga berkaitan erat dengan peningkatan kadar gula pereduksi dalam bentuk glukosa dan maltosa serta mempengaruhi peningkatan kadar amilosa tepung (Setiarto *et al.*, 2018).

Kadar amilosa berperan penting terhadap sifat fisik, kimia maupun fungsional dari TFM. Kadar amilosa TFM lokal Majene (17,82%) lebih rendah dari TFM asal Shijiazhuang (18,30 – 25,3%) yang dilaporkan oleh Li *et al.*, (2019), namun lebih tinggi dari TFM asal India (13,22%) yang dilaporkan Babu *et al.* (2019). Waktu fermentasi berbanding lurus dengan kadar amilosa TFM termodifikasi. Ada pengaruh yang signifikan antara lama waktu fermentasi dengan peningkatan kadar amilosa TFM. Fermentasi menyebabkan terhidrolisisnya ikatan percabangan (α -1,6) amilopektin oleh aktivitas enzim pululanase, kemudian membentuk struktur baru yaitu amilosa rantai pendek, yang akan menyebabkan peningkatan kadar amilosa (Zhang and Jin., 2011). Edam (2017) juga melaporkan hasil penelitian yang sama, bahwa terjadi peningkatan kadar amilosa tepung

Tabel 3. Kadar pati, amilosa, densitas kamba, kelarutan, dan daya kembang TFM

Lama Fermentasi (jam)	Kadar Pati (%)	Kadar Amilosa (%)	Densitas Kamba (g/cm ³)	Kelarutan (%)	Daya Kembang (%)
0	66,38 ± 0,09 ^e	17,82 ± 0,05 ^a	0,77 ± 0,23 ^d	13,55 ± 0,03 ^a	12,85 ± 0,07 ^a
12	64,86 ± 0,14 ^d	18,49 ± 0,07 ^b	0,63 ± 0,71 ^c	15,31 ± 0,05 ^b	13,89 ± 0,06 ^b
24	63,22 ± 0,10 ^c	19,74 ± 0,06 ^c	0,55 ± 0,18 ^b	17,84 ± 0,08 ^c	16,46 ± 0,07 ^c
36	60,31 ± 0,07 ^b	20,13 ± 0,04 ^d	0,51 ± 0,33 ^{ab}	18,93 ± 0,06 ^d	17,03 ± 0,11 ^d
48	59,95 ± 0,18 ^a	20,85 ± 0,08 ^e	0,48 ± 0,11 ^a	19,77 ± 0,08 ^e	17,13 ± 0,06 ^e

Keterangan:

1. Semua nilai merupakan nilai *mean* ± standar deviasi
2. Nilai superskrip yang berbeda antar kolom menunjukkan ada perbedaan antar perlakuan dengan tingkat kepercayaan 95% berdasarkan uji beda ANOVA dan uji lanjut LSD.

singkong selama 48 jam fermentasi, kemudian menurun pada fermentasi 72 jam. Kemungkinan sebagian amilosa sudah terdegradasi menjadi glukosa ketika substrat untuk media pertumbuhan BAL sudah tidak mengandung gula sederhana sebagai sumber karbon.

Densitas Kamba

Densitas kamba atau massa jenis merupakan cerminan dari berat tepung yang berkaitan erat dengan keperluan proses pengemasan (Yadav *et al.*, 2012). Densitas kamba TFM termodifikasi 48 jam EKT lebih rendah (0,48 g/cm³) 37,66% dibandingkan TFM alami (0,77 g/cm³). Adebisi *et al.* (2016) juga melaporkan hal yang sama bahwa fermentasi dapat menyebabkan densitas kamba tepung millet menurun. Densitas Kamba tepung merupakan indikator yang menggambarkan tingkat kepadatan tepung. Semakin lama waktu fermentasi, proses pelunakkan biji millet oleh EKT semakin optimal, sehingga memudahkan proses penggilingan dan menghasilkan ukuran partikel tepung yang lebih rendah yang kemudian akan mengurangi densitas kamba yang dihasilkan (Gernah *et al.*, 2011). Ada kontribusi yang kuat antara kandungan protein dan lemak terhadap penurunan densitas kamba tepung (Eltayeb *et al.*, 2011). Degradasi protein menjadi asam amino serta penurunan kandungan lemak cenderung menghasilkan tepung dengan struktur permukaan yang berpori dengan densitas kamba yang rendah.

Kelarutan dan Daya Kembang

Kelarutan (*solubility*) TFM berkisar antara 13,55–19,77%, fermentasi dapat menyebabkan kelarutan TFM meningkat hingga 45,90%. Kelarutan sangat dipengaruhi oleh tingkat hidrofilitas dan kandungan amilosa bahan, dan memiliki hubungan yang positif. Peningkatan ikatan hidrogen menyebabkan kandungan amilosa dan cabang linier amilopektin terdisosiasi dalam larutan sehingga kelarutan tepung meningkat (Balasubramanian *et al.*, 2014). Fermentasi dapat menyebabkan ukuran partikel lebih rendah. Hal ini sejalan dengan pengamatan Yuliana *et al.* (2014), berdasarkan analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM), tepung dengan ukuran partikel lebih kecil dapat lebih mudah larut dan kemudian menyebabkan tepung lebih mudah mengembang. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya nilai daya kembang (*swelling power*) TFM hasil fermentasi.

BAL pada awal fermentasi mulai mendegradasi pati pada substrat TFM secara optimal hingga waktu

fermentasi 24 jam. Diduga pada waktu fermentasi 36 dan 48 jam aktivitas bakteri mulai mengalami penurunan sehingga peningkatan nilai daya kembang mulai melandai. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Pranoto *et al.* (2013) bahwa pertumbuhan optimal *Lactobacillus plantarum* terdapat pada fermentasi 24 jam, kemudian mulai menurun secara perlahan hingga fermentasi 36 jam. Penurunan jumlah bakteri setelah 24 jam kemungkinan disebabkan oleh akumulasi produk metabolit seperti etanol, karbondioksida hingga zat antibakteri yang menghambat pertumbuhan mikroba (Hutkins, 2006).

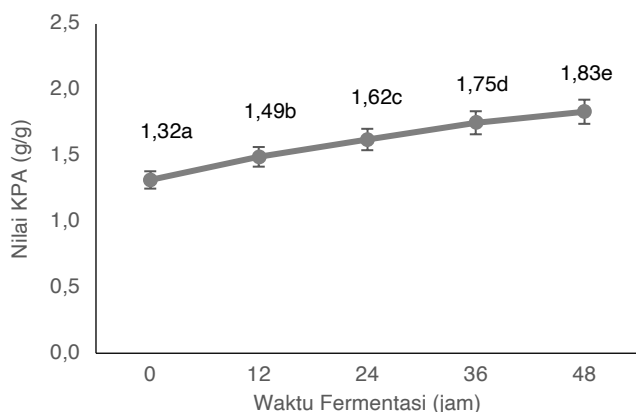
Permukaan tepung yang berpori juga berkontribusi besar terhadap nilai kelarutan dan daya kembang tepung (Zheng and Li., 2018). Proses fermentasi dapat menyebabkan selulosa dan hemiselulosa terputus, sehingga pembentukan ikatan hidrogen akan semakin banyak dan menyebabkan nilai daya kembang tinggi (Cheng *et al.*, 2017). Nilai kelarutan dan daya kembang yang tinggi menandakan sifat fungsional tepung meningkat, yang kemudian menghasilkan produk yang lebih baik.

Kapasitas Penyerapan Air

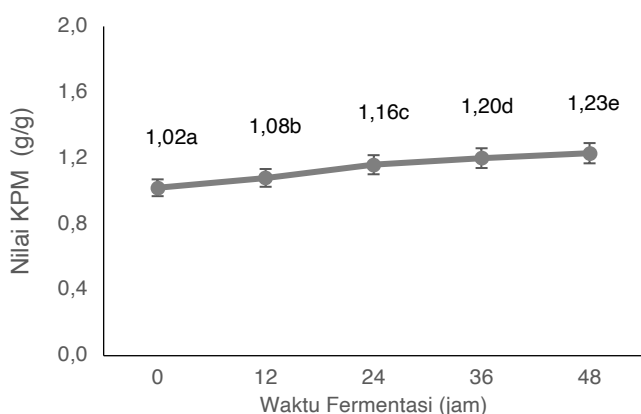
Kapasitas penyerapan air (KPA) merupakan salah satu sifat fungsional tepung yang penting diamati. KPA merupakan kemampuan tepung dalam menyerap air dan kemudian menahannya. Tepung dengan sifat penyerapan air yang rendah, pada saat gelatinisasi akan menghasilkan gel yang kurang optimal sehingga mempengaruhi nilai kelarutan dan daya kembang. Nilai KPA TFM varietas lokal Majene alami adalah 1,32 g/g, proses modifikasi dengan EKT selama 48 jam mampu meningkatkan nilai KPA TFM hingga 38,64% (1,83 g/g) sebagaimana tampak pada Figur 1.

Rendahnya nilai KPA pada TFM alami mengindikasikan adanya butiran pati yang masih utuh. Proses fermentasi dapat menyebabkan molekul kompleks pada pati TFM terpecah menjadi lebih sederhana, sehingga penyerapan air dapat lebih mudah. KPA dapat meningkat dengan bertambahnya waktu fermentasi (Oloyede *et al.*, 2016). Fermentasi menyebabkan terdegradasinya struktur polimer pati sehingga tepung lebih hidrofilik (Adebisi *et al.*, 2016). Peningkatan nilai KPA tepung berkaitan erat rasio serat pangan, ukuran partikel dan sifat permukaan (Chu *et al.*, 2019). Tepung dengan serat larut air tinggi dan struktur berpori lebih mudah menyerap air (Zheng and Li., 2018), selain itu polisakarida dengan gugus hidrofilik

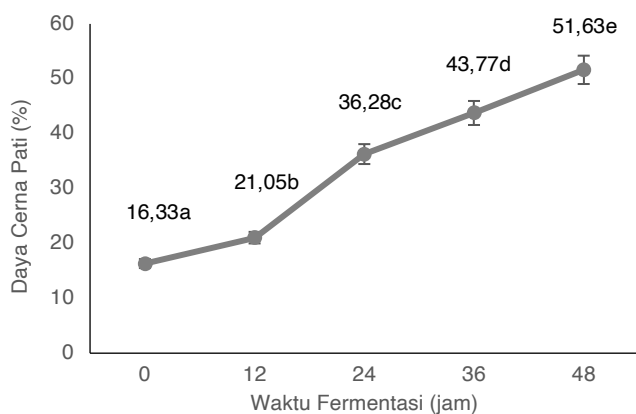
menyebabkan nilai KPA meningkat (Yalegama *et al.*, 2013). Peningkatan KPA juga disebabkan oleh penurunan kadar lemak TFM. Hal ini didukung oleh pernyataan Sun *et al.* (2010) bahwa perlakuan tanpa lemak pada terigu menyebabkan KPA meningkat signifikan. Tepung dengan KPA yang tinggi mampu memperbaiki kemampuan sineresis tepung, dan menghasilkan viskositas serta tekstur produk yang baik (Elleuch *et al.*, 2011).



Figur 1. Nilai KPA TFM termodifikasi EKT



Figur 2. Nilai KPM TFM termodifikasi EKT



Figur 3. Daya cerna pati TFM termodifikasi EKT

Kapasitas Penyerapan Minyak

Kapasitas penyerapan minyak (KPM) merupakan kemampuan tepung dalam mengikat unsur lemak. Waktu fermentasi sangat berpengaruh terhadap KPM TFM. Proses fermentasi menyebabkan KPM TFM alami (1,02 g/g) meningkat hingga 20,59% (1,23 g/g) selama 48 jam fermentasi (Fig. 2). Hasil ini sejalan dengan yang dikemukakan Aini *et al.*, (2016), proses degradasi makromolekul mengakibatkan partikel yang awalnya kompak menjadi lebih berporous karena terpecah menjadi melekul yang lebih sederhana dengan massa jenis yang rendah, sehingga lebih renggang dan mudah menyerap minyak.

Ada hubungan yang positif antara nilai KPM dengan nilai KPA dari TFM termodifikasi EKT, sehingga kemungkinan peningkatan nilai KPM TFM juga dipengaruhi oleh meningkatnya serat larut air, struktur permukaan yang berpori dan ikatan hidrogen yang disebabkan oleh proses fermentasi. Alasan lain peningkatan nilai KPM TFM bisa dikaitkan dengan komponen serat pangan seperti *arabinoxylan*, *pectin* dan *arabinogalactan* yang berkontribusi untuk menyerap dan mengikat minyak karena afinitasnya yang kuat terhadap bahan berminyak (Devi *et al.*, 2014). Adebiyi *et al.*, (2016) dan Claver *et al.*, (2010) melaporkan bahwa peningkatan nilai KPM lebih disebabkan oleh faktor intrinsik seperti komposisi asam amino, polaritas permukaan dan lipofilisitasnya. Semakin tinggi KPM selama proses fermentasi menandakan adanya asam amino apolar, yaitu terdegradasi protein dan pati menjadi asam amino dan gula larut sehingga sifat lipofilik TFM meningkat.

Daya Cerna Pati

TFM alami tanpa fermentasi memiliki daya cerna pati yang cukup rendah (16,33%), TFM yang difermentasi dengan EKT selama 12 jam 24 jam, 36 jam dan 48 jam menghasilkan daya cerna pati sebesar 21,05%, 36,28%, 43,77% dan 51,63% (Fig. 3). Ada pengaruh waktu fermentasi terhadap daya cerna pati TFM, dimana persentase peningkatan daya cerna pati tertinggi terdapat pada TFM hasil fermentasi 24 jam.

Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Ogodo *et al.* (2018), bahwa fermentasi menggunakan BAL menunjukkan peningkatan daya cerna pati seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Amadou *et al.*, (2014) sebelumnya juga mengamati hal yang sama ketika foxtail millet difermentasi dengan BAL jenis *Lactobacillus paracasei*. Peningkatan tersebut dapat dikaitkan dengan peran BAL selama fermentasi menyebabkan perubahan endosperma protein yang membuat pati lebih mudah diakses oleh enzim amilase, sehingga pati terdegradasi membentuk amilosa rantai pendek seperti maltosa, maltotriosa dan oligosakarida yang tergolong senyawa dengan berat molekul rendah dan lebih mudah dicerna (Setiarto *et al.*, 2018). Ren *et al.* (2015) telah meneliti korelasi pencernaan pati TFM dengan nilai indeks glikemik (IG) secara *in vivo*, hasil penelitian mengungkapkan bahwa daya cerna pati TFM lebih rendah dari daya cerna pati tepung terigu. Hal ini

menunjukkan bahwa TFM berpotensi dikembangkan menjadi pangan fungsional.

Kesimpulan

Peningkatan waktu fermentasi menyebabkan kadar air, kadar protein, kadar amilosa serta daya cerna pati meningkat, diikuti penurunan pada kadar abu, kadar lemak, kadar serat, kadar pati dan derajat putih serta memperbaiki densitas kamba, kelarutan, daya kembang, kapasitas penyerapan air dan kapasitas penyerapan minyak TFM. Waktu terbaik fermentasi TFM menggunakan EKT adalah 48 jam.

Daftar Pustaka

- Adebiyi, J.A., Obadina, A.O., Adebo, O.A., Kayitesi, E. 2017. Comparison of nutritional quality and sensory acceptability of biscuits obtained from native, fermented, and malted pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour. *Food Chemistry* 232: 210-217. DOI:10.1016/j.foodchem.2017.04.020.
- Adebiyi, J.A., Obadina, A.O., Mulaba-Bafubandi, A.F., Adebo, O.A., Kayitesi, E. 2016. Effect of fermentation and malting on the microstructure and selected physicochemical properties of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour and biscuit. *Journal of Cereal Science* 70: 132-139. DOI:10.1016/j.jcs.2016.05.026
- Adeleke, R.O., Odedeji, J.O. 2010. Functional properties of wheat and sweet potato flour blends. *Pakistan Journal of Nutrition* 9(6): 535-538. DOI:10.3923/pjn.2010.535.538.
- Amadou, I., Gounga, M.E., Shi, Y.-H., Le, G.-M. 2014. Fermentation and heat moisture treatment induced changes on the physicochemical properties of foxtail millet (*Setaria italica*) flour. *Food and Bioprocesses* 92(1): 38-45. DOI:10.1016/j.fbp.2013.07.009.
- Aini, N., Hariyadi, P., Muchtadi, T.R., Andarwulan, N. 2010. Hubungan antara waktu fermentasi grits jagung dengan sifat gelatinisasi tepung jagung putih yang dipengaruhi ukuran partikel. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 21(1):18-24
- Aini, N., Wijonarko, G., Sustrawan, B. 2016. Sifat fisik, kimia, dan fungsional tepung jagung yang diproses melalui fermentasi. *Agritech* 36(2):160-162. DOI:10.22146/agritech.12860
- Alariya, S.S., Sethi, S., Gupta, S., Gupta, B.L. 2013. [Amylase activity of a starch degrading bacteria isolated from soil. Archives of Applied Science Research](#) 5(1):15-24.
- Aliawati, G. 2003. Teknik Analisis Kadar Amilosa dalam Beras. *Buletin Teknik Pertanian* 8(2): 82-84.
- Anderson, A.K., Guraya, H.S., James, C., Salvaggio, L. 2002. Digestibility and pasting properties of rice starch heat-moisture treated at the melting temperature (T_m). *Starch* 54(9):401-409. DOI:10.1002/1521-379X(200209)54:9%3C401::AID-STAR401%3E3.0.CO;2-Z.
- Antony, U., Sripriya, G., Chandra, T.S. 1996. Effect of fermentation on the primary nutrients in finger millet (*Eleusine coracana*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44(9):2616-2618. DOI:10.1021/jf950787q.
- [Association of Official Analytical Chemists \(AOAC\). 2005. Official methods of analysis of the association of analytical chemists. AOAC, Inc, Virginia.](#)
- Babu, A.S., Mohan, R.J., Parimalavilli, R. 2019. Effect of single and dual-modifications on stability and structural characteristics of foxtail millet starch. *Food Chemistry* 271: 457-465. DOI:10.1016/j.foodchem.2018.07.197.
- Balasubramanian, S., Sharma, S., Kaur, J., Bhardwaj, N. 2014. Characterization of modified pearl millet (*Pennisetum typhoides*) starch. *Journal of Food Science and Technology* 51(2):294-300. DOI:10.1007/s13197-011-0490-1.
- Cheng, L., Zhang, X., Hong, Y., Li, Z., Li, C., Gu, Z. 2017. Characterisation of physicochemical and functional properties of soluble dietary fibre from potato pulp obtained by enzyme-assisted extraction. *International Journal of Biological Macromolecules* 101: 1004-1011. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2017.03.156.
- Chinma, C.E., Adewuyi, O., Abu, J.O. 2009. Effect of germination on the chemical, functional and pasting properties of flour from brown and yellow varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*). *Food Research International* 42(8):1004-1009. DOI:10.1016/j.foodres.2009.04.024
- Chu, J., Zhao, H., Lu, Z., Lu, F., Bie, X., Zhang, C. 2019. Improved physicochemical and functional properties of dietary fiber from millet bran fermented by *Bacillus natto*. *Food Chemistry* 294:79-86. DOI:10.1016/j.foodchem.2019.05.035
- Claver, I.P., Zhang, H., Li, Q., Kexue, Z., Zhou, H. 2010. Optimization of ultrasonic extraction of polysaccharides from Chinese malted sorghum using response surface methodology. *Pakistan Journal of Nutrition* 9(4):336-342. DOI:10.3923/pjn.2010.336.342
- Desnilasari, D., Kusuma, S.A., Ekafitri, R., Kumalasari, R. 2020. Pengaruh jenis bakteri asam laktat dan lama fermentasi terhadap mutu tepung pisang tanduk (*Musa corniculata*). *Biopropal Industri* 11(1):19-31. DOI:10.36974/jbi.v11i1.5355.
- Devi, P.B., Vijayabharathi, R., Sathyabama, S., Malleshi, N.G., Priyadarisini, V.B. 2014. Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana* L.) polyphenols and dietary fiber: a review. *Journal of Food Science and Technology* 51(6): 1021-1040. DOI:10.1007/s13197-011-0584-9.
- Dey, A., Sit, N. 2017. Modification of foxtail millet starch by combining physical, chemical and enzymatic methods. *International Journal of Biological Macromolecules* 95:314-320. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2016.11.067.
- Edam, M. 2017. Aplikasi bakteri asam laktat untuk memodifikasi tepung singkong secara fermentasi. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri* 9(1):1-8. DOI:10.33749/jpti.v9i1.3205.

- Elleuch, M., Beigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* 124(2):411-421. DOI:10.1016/j.foodchem.2010.06.077.
- Eltayeb, A.R.S.M., Ali, A.O., Abou-Arab, A.A., Abu-Salem, F.M. 2011. Chemical composition and functional properties of flour and protein isolate extracted from Bambara groundnut (*Vigna subterranean*). *African Journal of Food Science* 5(2): 82-90
- Gernah, D.I., Ariaahu, C.C., Ingbian, E.K. 2011. Effects of malting and lactic fermentation on some chemical and functional properties of maize (*Zea mays*). *American Journal of Food Technology* 6(5):404-412. DOI:10.3923/ajft.2011.404.412.
- Handayani, R. 2018. Fermentasi jali menggunakan bakteri selulolitik dan bakteri asam laktat untuk pembuatan tepung. *Jurnal Biologi Indonesia* 14(1):81-89. DOI:10.14203/jbi.v14i1.3666.
- Hersoelistyorini, W., Dewi, S.S., Kumoro, A.C. 2015. Sifat fisikokimia dan organoleptik tepung mocaf (*modified cassava flour*) dengan fermentasi menggunakan ekstrak kubis. The 2nd University Research Coloquium 2015. ISSN 2407-9189
- Heuzé, V., Tran, G., Sauvant, D., Bastianelli, D., Lebas, F., 2015. Foxtail millet (*Setaria italica*), grain. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/725>
- Hutkins, R.W. 2006. Microbiology and technology of fermented foods. Iowa: Blackwell Publishing
- International Rice Research Institute (IRRI). 1978. Rice Research and Production in China: An IRRI Team's View. International Rice Research Institute, Los Banos (PH)
- Lamsal, B.P., Faubion, J.M. 2009. Effect of an enzyme preparation on wheat flour and dough color, mixing, and test baking. *LWT – Food Science and Technology* 42(9):1461-1467. DOI:10.1016/j.lwt.2009.04.003.
- Li, K., Zhang, T., Sui, Z., Narayanamoorthy, S., Jin, C., Li, S., Corke, H. Genetic variation in starch physicochemical properties of Chinese foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.). *International Journal of Biological Macromolecules* 133:337-345. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2019.04.022.
- Mahendra, P.E.D., Yusasrini, N.L.A., Pratiwi, I.D.P.K. 2019. Pengaruh metode pengolahan terhadap kandungan tannin dan sifat fungsional tepung proses millet (*Panicum milliaceum*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan* 8(4): 354-367. DOI:10.24843/itepa.2019.v08.i04.p02.
- Marta, H., Marsetio., Cahyana, Y., Pertiwi, A.G. 2016. Sifat fungsional dan amilograf pati millet putih (*Pennisetum glaucum*) termodifikasi secara *heat moisture treatment* dan *annealing*. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 5(3):76-84. DOI:10.17728/jatp.175.
- Nielsen, S. S. 2003. *Food Analysis*. 3rd Edition. Kluwer Academic, Plenum Publisher, New York.
- Nkhata, S.G., Ayua, E., Kamau, E.H., Shingiro, J-B. 2018. Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. *Food Science & Nutrition* 6(8):2446-2458. DOI:10.1002/fsn3.846.
- Nurani, D., Sukotjo, S., Nurmallasari, I. Optimasi proses produksi tepung talas (*Colocasia esculenta*, L. Schott) termodifikasi secara fermentasi. *Jurnal IPTEK* 8(1):65-71
- Nurhayati., Jenis, B.S.L., Widowati, S., Kusumaningrum, H.D. Komposisi kimia dan kristalinitas tepung pisang termodifikasi secara fermentasi spontan dan siklus pemanasan bertekanan-pendingin. *Agritech* 34(2):146-150. DOI:10.22146/agritech.9504
- Ogodo, A.C., Ugboogu, O.C., Onyeagba, R.A., Okereke, H.C. 2018. Proximate composition and *in-vitro* starch/protein digestibility of bambara groundnut flour fermented with lactic acid bacteria (LAB)-consortium isolated from cereals. *Fermentation Technology* 7:148-154. DOI:10.4172/2167-7972.1000148.
- Ojokoh, A., Bello, B. 2014. Effect of fermentation on nutrient and anti-nutrient composition of millet (*Pennisetum glaucum*) and soyabean (*Glycine max*) blend flours. *Journal of Life Sciences* 8(8):668-675.
- Ojokoh, A.O., Fayemi, O.E., Ocloo, F.C.K., Nwokolo, F.I. 2015. Effect of fermentation on proximate composition, physicochemical and microbial characteristics of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) and Acha (*Digitaria exilis* (Kippist) Stapf) flour blends. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development* 7(1):1-8. DOI:10.5897/JABSD2014.0236.
- Oloyede, O.O., James, S., Ocheme, O.B., Chinma, C.E., Akpa, V.E. 2016. Effects of fermentation time on the functional and pasting properties of defatted Moringa oleifera seed flour. *Food Science & Nutrition* 4(1):89-95. DOI:10.1002/fsn3.262.
- Osman, M.A. 2011. Effect of traditional fermentation process on the nutrient and antinutrient contents of pearl millet during preparation of Lohoh. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 10(1):1-6. DOI:10.1016/j.jssas.2010.06.001.
- Pranoto, Y., Anggrahini, S., Efendi, Z. 2013. Effect of natural and *Lactobacillus plantarum* fermentation on *in-vitro* protein and starch digestibilities of sorghum flour. *Food Bioscience* 2: 46-52. DOI:10.1016/j.fbio.2013.04.001
- Rahayu, E., Hidayah, N., Adiandri, R.S. 2019. Profile of modified sorghum flour fermented by *Lactobacillus brevis*. 2nd International Conference on Agricultural Postharvest Handling and Processing 309:012026
- Rahmawati, I.S., Zubaidah, E., Saparianti, E. 2015. Evaluasi pertumbuhan isolat probiotik (*L. casei* dan *L. plantarum*) dalam medium fermentasi

- berbasis ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) Selama proses fermentasi (kajian jenis isolat dan jenis tepung ubi jalar). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 4(4):133-141. DOI:10.17728/jatp.v4i4.3.
- Ren, X., Chen, J., Molla, M.M., Wang, C., Diao, X., Shen, Q. 2016. *In vitro* starch digestibility and *in vivo* glycemic response of foxtail millet and its products. *Food & Function* 7:372-379. DOI:10.1039/C5FO01074H.
- Saleh, A.S.M., Zhang, Q., Chen, J., Shen, Q. 2013. Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 12(3):281-295. DOI:10.1111/1541-4337.12012.
- Setiarto, R.H.B., Widhyastuti, N. 2016. Pengaruh fermentasi bakteri asam laktat terhadap sifat fisikokimia tepung gadung modifikasi (*Dioscorea hispida*). *Jurnal Litbang Industri* 6(1):61-72. DOI:10.24960/jli.v6i1.1134.61-72.
- Setiarto, R.H.B., Widhyastuti, N., Saskiawan, I. 2016. Pengaruh fermentasi fungi, bakteri asam laktat dan khamir terhadap kualitas nutrisi tepung sorgum. *Agritech* 36 (4): 326-335. DOI:10.22146/agritech.16759.
- Setiarto, R.H.B., Widhyastuti, N., Setiadi, D. 2018. Peningkatan pati resisten tepung sorgum termodifikasi melalui fermentasi dan siklus pemanasan bertekanan-pendinginan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 23(1):10-20. DOI:10.18343/jipi.23.1.10.
- Sharma, N., Niranjana, K. 2018. Foxtail millet: properties, processing, health benefits, and uses. *Journal Food Reviews International* 34(4): 329-363. DOI:10.1080/87559129.2017.1290103.
- Sharma, S., Saxena, D.C., Riar, C.S. 2016. Analysing the effect of germination on phenolics, dietary fibres, minerals and γ -amino butyric acid contents of barnyard millet (*Echinochloa frumentaceae*). *Food Bioscience* 13:60-68. DOI:10.1016/j.fbio.2015.12.007.
- Singh, M., Adedeji, A.A. 2017. Characterization of hydrothermal and acid modified proso millet starch. *LWT – Food Science and Technology* 79: 21-26. DOI:10.1016/j.lwt.2017.01.008.
- Sulistyaningrum, A., Rahmawati., Aqil, M. 2017. Karakteristik tepung jewawut (*Foxtail millet*) varietas lokal Majene dengan perlakuan perendaman. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian* 14(1):11-21. DOI:10.21082/jpasca.v14n1.2017.11-21.
- Sun, H., Yan, S., Jiang, W., Li, G., MacRitchie, F. 2010. Contribution of lipid to physicochemical properties and Mantou-making quality of wheat flour. *Food Chemistry* 121 (2): 332-337. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.12.033.
- Utama, C.S., Zuprizal., Hanim, C., Wihandoyo. 2018. Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat selulolitik yang berasal dari jus kubis terfermentasi. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 7(1): 1-6. DOI:10.17728/jatp.2155.
- Yadav, R.B., Yadav, B.S., Dhull, N. 2012. Effect of incorporation of plantain and chickpea flours on the quality characteristics of biscuits. *Journal Food Science Technology* 49(2): 207-213. DOI:10.1007/s13197-011-0271-x.
- Yalegama, L.L.W.C., Karunaratne, D.N., Sivakanesan, R., Jayasekara, C. 2013. Chemical and functional properties of fibre concentrates obtained from by-products of coconut kernel. *Food Chemistry* 141(1):124-130. DOI:10.1016/j.foodchem.2013.02.118.
- Yuliana, N., Nurdjanah, S., Sugiharto, R., Amethy, D. 2014. Effect of spontaneous lactic acid fermentation on physico-chemical properties of sweet potato flour. *Microbiology* 8(1):1-8. DOI:10.5454/mi.8.1.1.
- Zhang, H., Jin, Z. 2011. Preparation of resistant starch by hydrolysis of maize starch with pullulanase. *Carbohydrate Polymers* 83(2):865-867. DOI:10.1016/j.carbpol.2010.08.066.
- Zheng, Y., Li, Y. 2018. Physicochemical and functional properties of coconut (*Cocos nucifera* L) cake dietary fibres: Effects of cellulase hydrolysis, acid treatment and particle size distribution. *Food Chemistry* 257:135-142. DOI:10.1016/j.foodchem.2018.03.012.