



Karakteristik Fisikokimia Nib Kakao dengan Berbagai Jenis Fermentasi dan Penyangraian Metode *Puffing Gun*

[Physicochemical Characteristics of Cocoa Nibs with Various Types of Fermentation and Puffing Gun Roasting Method]

Dwi Indah Permata Sari¹⁾, Eko Heri Purwanto^{2)*}, Asif Aunillah³⁾, dan Umi Rosidah¹⁾

¹⁾ Departemen Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Indonesia

²⁾ Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Yogyakarta, Indonesia

³⁾ Pusat Riset Agroindustri, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong, Indonesia

Received January 28th 2024 / Revised November 28th 2024 / Accepted December 18th 2024

ABSTRACT

Improving the quality of cocoa beans poses a great challenge when dealing with raw unfermented beans, as this process requires a relatively longer time. Furthermore, the roasting process, which is crucial in flavor development, can reduce the polyphenol content and antioxidant activity of cocoa beans. This study aimed to analyze the effects of different cocoa bean fermentation and puffing gun roasting methods on physicochemical characteristics of cocoa nibs. This research was carried out with two types of treatment: variations in puffing pressure (3, 4, and 5 Bar) and type of coco beans as raw material (unfermented, spontaneously fermented, and fermented using ragi tape). The results showed that carbohydrate content increased with increasing pressure of puffing gun; but otherwise, increasing puffing pressure decreased water content, fat content, total polyphenols, antioxidant activity, and hedonic scores for taste and aroma. The type of raw material treatment significantly influenced ash content, carbohydrates, L (lightness) and a* (redness) color intensity, fat content, antioxidant activity, taste, and aroma. Cocoa nibs fermented spontaneously and roasted at a pressure of 3 Bar had the highest fat content, antioxidant activity, and the most favorable sensory scores for taste and aroma. The results of this study provide important insight for developing cocoa bean processing techniques that preserve desirable physicochemical properties and improve consumer preference.*

Keywords: cocoa nibs, fermentation, physicochemical, puffing gun method

ABSTRAK

Tantangan dalam peningkatan kualitas biji kakao salah satunya adalah pengolahan biji kakao yang tidak melalui fermentasi karena membutuhkan waktu yang relatif lebih lama untuk proses tersebut. Selain itu, proses penyangraian yang menjadi kunci dalam pembentukan citarasa kakao dapat menurunkan kandungan polifenol dan aktivitas antioksidan biji kakao. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sifat fisiko kimia nib kakao yang diberi perlakuan fermentasi dan sangrai bertekanan (*puffing gun*). Penelitian dilakukan dengan dua jenis perlakuan, yaitu variasi tekanan *puffing* (3, 4, dan 5 Bar) dan jenis bahan baku (yang tidak difermentasi, difermentasi spontan, dan difermentasi dengan ragi tape). Hasil penelitian menunjukkan kadar karbohidrat yang meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan *puffing gun*, namun sebaliknya peningkatan tekanan *puffing gun* menurunkan kadar air, lemak, total polifenol, aktivitas antioksidan, serta skor hedonik terhadap rasa dan aroma. Perlakuan jenis bahan baku memberikan pengaruh nyata terhadap kadar karbohidrat, kadar abu, intensitas warna L* (*lightness*) dan a* (*redness*), kadar lemak, aktivitas antioksidan, rasa, dan aroma. Nib kakao yang difermentasi spontan dan disangrai pada tekanan *puffing* 3 Bar memiliki kadar lemak dan aktivitas antioksidan tertinggi serta memiliki rasa dan aroma yang paling disukai. Hasil dari penelitian ini memberikan informasi penting untuk pengembangan metode pengolahan biji kakao yang mampu mempertahankan keunggulan sifat fisikokimia dan disukai konsumen.

Kata kunci: fermentasi, fisikokimia, metode sangrai bertekanan, nib kakao

*Penulis Korespondensi: E-mail: ekoh005@brin.go.id

PENDAHULUAN

Perkebunan kakao di Indonesia termasuk sektor yang cukup menguntungkan bagi perekonomian nasional. Berdasarkan data yang diterbitkan pada Outlook Komoditas Perkebunan Kakao (2022), perkembangan yang cukup pesat terjadi pada perkebunan kakao di Indonesia dalam 20 tahun terakhir. Sumber yang sama juga menyatakan bahwa Indonesia masih bertahan di posisi ketiga sebagai negara produsen kakao tertinggi di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana. Meski demikian, volume ekspor kakao Indonesia menunjukkan kecenderungan yang menurun dalam dekade terakhir, dengan rerata penurunan sebesar -0,39% per tahun (Rohmah, 2022). Kebijakan pemerintah yang menetapkan tarif ekspor untuk biji kakao kering mentah menjadi salah satu faktor yang semakin menurunkan volume ekspor kakao. Kebijakan ini dibuat dengan tujuan untuk mendorong lebih banyak pengolahan biji kakao di dalam negeri. Dengan demikian, nilai tambah produk olahan biji kakao dapat ditingkatkan.

Upaya dalam meningkatkan nilai tambah dan diversifikasi produk kakao masih dihadapkan pada kendala kualitas biji kakao kering dari Indonesia yang masih rendah (Purwatiningsih, 2021). Sumber yang sama juga menyatakan bahwa rendahnya kualitas kakao Indonesia salah satunya disebabkan karena petani melewati tahap fermentasi pada biji kakao hasil produksinya. Padahal biji kakao yang telah difermentasi memiliki harga jual yang lebih tinggi. Hal ini salah satunya karena telah terbentuk berbagai senyawa prekursor aroma selama proses fermentasi yang membuat produk akhir lebih disukai konsumen.

Citarasa khas pada produk kakao merupakan hasil dari pengolahan pascapanen yang tepat, khususnya pada tahap fermentasi dan proses penyangraian. Menurut Wijanarti *et al.* (2018), fermentasi biji kakao menghasilkan berbagai metabolit yang berperan sebagai senyawa prekursor aroma. Prekursor ini akan melalui reaksi Maillard selama penyangraian, menghasilkan aroma dan rasa khas kakao. Namun di sisi lain, Ariyanti (2017) menyatakan bahwa penurunan kadar total polifenol dapat terjadi akibat proses fermentasi dan secara langsung juga menurunkan aktivitas antioksidan biji kakao. Salah satu manfaat polifenol pada biji kakao yaitu mampu memodulasi berbagai proses seluler (seperti apoptosis, inflamasi, dan lain-lain) sehingga dapat memperlambat perkembangan berbagai penyakit kronis (Martín dan Ramos, 2016). Kandungan polifenol kakao dapat berkurang selama proses pengolahan seperti fermentasi, pengeringan dan penyangraian. Berkaitan dengan hal tersebut, penelitian oleh Hu *et al.* (2016) menunjukkan bahwa penyangraian biji kakao dengan metode sangrai bertekanan (*puffing gun*) dapat meminimalisir kehilangan komponen bioaktif pada biji kakao fermentasi. Selain itu, hasil penelitian oleh

Purwanto *et al.* (2019) menunjukkan bahwa dibandingkan dengan metode fermentasi spontan, fermentasi biji kakao menggunakan ragi tape dapat selesai dalam waktu lebih cepat yaitu 3 hari. Produksi metabolit primer sudah cukup dan degradasi substrat pulp kakao sudah memenuhi kriteria fermentasi yang baik pada hari ketiga fermentasi jika menggunakan ragi tape. Percepatan proses fermentasi biji kakao dengan ragi tape juga telah dibuktikan pada penelitian oleh Silfia *et al.* (2017). Penelitian tersebut menyatakan bahwa hasil fermentasi biji kakao paling optimal adalah pada perlakuan penambahan 1% ragi tape dengan lama fermentasi maksimal 96 jam.

Modifikasi dalam proses pengolahan seperti fermentasi menggunakan starter berupa ragi tape dan penyangraian bertekanan dengan *puffing gun* diduga dapat memaksimalkan sifat fungsional dan cita rasa biji kakao. Selain itu metode fermentasi ini juga dapat menjadi alternatif untuk petani Indonesia yang tidak melakukan fermentasi biji kakao dengan alasan karena fermentasi konvensional yang memakan waktu lama (hingga 7 hari). Nib kakao *puffed* juga dapat dijadikan sebagai alternatif peningkatan nilai tambah dan diversifikasi produk olahan biji kakao selain dijual dalam bentuk biji kering saja. Nib kakao adalah biji kakao kering yang telah disangrai kemudian dihancurkan menjadi kepingan-kepingan kecil. Selain diolah lebih lanjut menjadi produk seperti cokelat, nib kakao *puffed* juga dapat dikonsumsi secara langsung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisik dan kimia dari berbagai jenis metode fermentasi biji kakao yang disangrai dengan metode *puffing gun*, sehingga dapat menjadi dasar dalam mengembangkan metode pengolahan yang menghasilkan karakteristik fisik dan kimia terbaik.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian adalah biji kakao lindak (*Forastero*) yang berasal dari perkebunan kakao Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, Jawa Barat. Ragi tape yang digunakan merek NKL produksi Solo. Bahan untuk analisis antara lain asam borat, asam sulfat, heksana, reagen Folin-Ciocalteu, natrium bikarbonat, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), hidrogen fosfat, natrium hidroksida, indikator fenoltalein (PP), metanol, dan asam galat kualitas *pro-analysis*.

Persiapan biji kakao yang tidak difermentasi dan difermentasi

Buah kakao dikupas untuk diambil bijinya. Biji kakao yang sudah terpisah dari podnya dijemur pada sinar matahari hingga kadar air mencapai $\pm 7\%$. Biji kakao kering yang tidak difermentasi disimpan dalam

plastik kedap udara pada suhu ruang (30 ± 2 °C). Fermentasi konvensional/spontan dilakukan pada biji kakao yang sudah terpisah dari podnya, disortasi lalu difermentasi dalam kotak kayu kapasitas 40 kg/batch selama 5 hari dan dijemur di sinar matahari hingga kadar air mencapai $\pm 7\%$ (Purwanto *et al.*, 2019). Biji kakao kering fermentasi disimpan dalam plastik kedap udara pada suhu ruang (30 ± 2 °C).

Biji kakao fermentasi ragi tape dibuat dengan metode yang merujuk pada penelitian Purwanto *et al.* (2019) dengan modifikasi skala *pilot plant* dalam kotak kayu. Biji kakao basah dimasukkan ke dalam kotak fermentasi yang terbuat dari kayu kapasitas 40 kg/batch. Ragi tape digerus menjadi bubuk dan diinokulasikan sebanyak 0,2% (b/b) ke dalam kotak fermentasi. Fermentasi dilakukan selama tiga hari lalu dicuci dan dijemur sampai kadar air 7% (5–7 hari) untuk menghentikan proses fermentasi. Biji kakao kering fermentasi disimpan dalam plastik kedap udara pada suhu ruang (30 ± 2 °C).

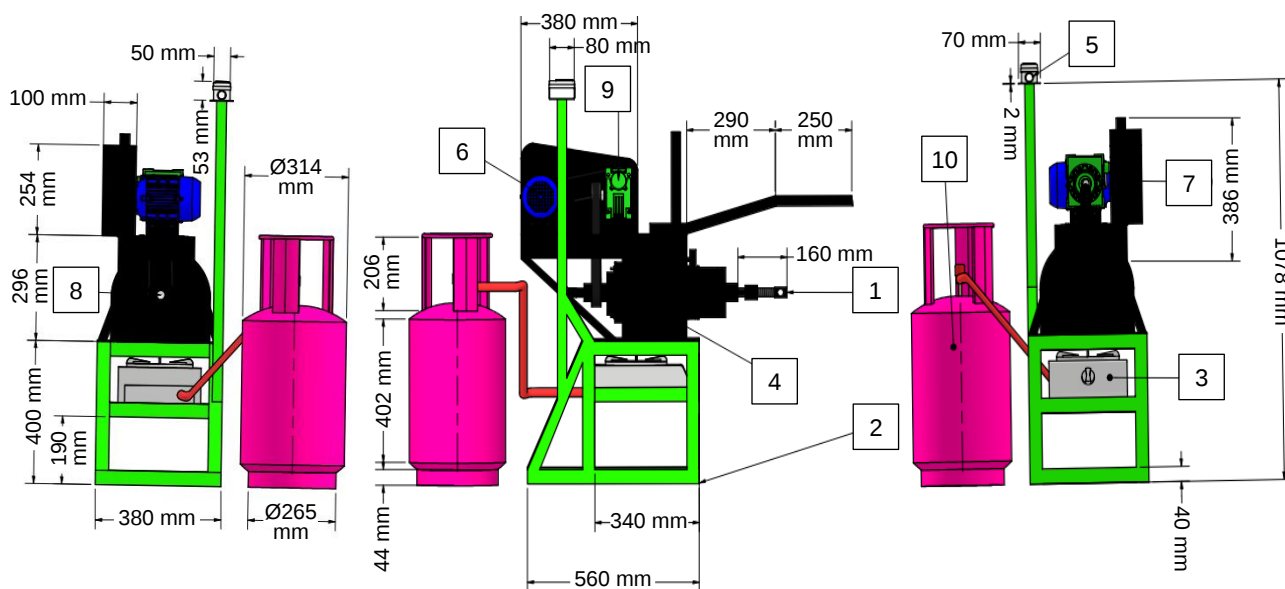
Sangrai bertekanan biji kakao kering

Proses sangrai biji kakao dilakukan dengan menggunakan mesin *puffing gun* tradisional hasil rakitan Bengkel Rekayasa Wangdi Yogyakarta. Mesin *puffing gun* memiliki *chamber* yang dipanaskan menggunakan kompor gas dan dilengkapi manometer untuk mengukur tekanan di dalam *chamber*.

Selama pemanasan berlangsung, *chamber* dapat berputar yang diatur oleh motor penggerak untuk memungkinkan pemanasan yang merata. Spesifikasi detail alat dapat dilihat pada Gambar 1. Penyangraian biji kakao diawali dengan memasukkan biji kakao mentah ke *chamber* lalu proses pemanasan dimulai. *Chamber* tersebut dibuka pada saat mesin telah mencapai tekanan yang diinginkan (3, 4, dan 5 Bar/13, 14, dan 15 menit), setelah itu biji kakao didinginkan. Biji yang sudah disangrai lalu dikupas kulit arinya (*desheller*) sehingga didapatkan nib kakao sangrai lalu disimpan dan dilakukan analisis organoleptik. Sampel nib kakao sangrai lainnya kemudian dihaluskan menjadi bubuk dengan menggunakan *grinder* lalu disimpan untuk dilakukan analisis lainnya.

Ekstraksi biji kakao

Bubuk biji kakao dipisahkan dari lemaknya dengan maserasi menggunakan heksana sebanyak 1:5 (w/v) selama 30 menit. Selanjutnya metode ekstraksi mengacu pada Indiarjo *et al.* (2019), biji kakao bebas lemak sebanyak 5 g dilarutkan dalam metanol PA (99,8%) 25 mL kemudian dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Ekstraksi dilanjutkan dengan menggunakan sonikator selama 15 menit kemudian larutan disentrifugasi (1000 rpm, 20 menit) dan disaring dengan kertas saring Whatman no. 1 untuk mendapatkan filtratnya.



Keterangan: Pintu ruang bakar (1),udukan mesin (2), kompor (3), ruang bakar (4), saklar (5), motor penggerak (6), tutup v-belt (7), manometer (8), motor reducer (9), tabung gas (10)

Note: Combustion chamber door (1), machine mount (2), stove (3), combustion chamber (4), switch (5), drive motor (6), v-belt cover (7), manometer (8), motor reducer (9), gas cylinders (10)

Gambar 1. Spesifikasi mesin *puffing gun*
Figure 1. Puffing gun machine specification

Analisis total polifenol

Analisis total polifenol dilakukan dengan metode Folin-Ciocalteu yang mengacu pada Indarto *et al.* (2019). Sebanyak 0,5 mL filtrat hasil ekstraksi biji kakao dicampur dengan 0,5 mL reagen Folin-Ciocalteu lalu dihomogenkan dan diinkubasi (± 1 menit, suhu ruang ± 25 °C). Setelah inkubasi, larutan tersebut ditambahkan dengan 1,5 mL Na_2CO_3 20% dan 7,5 mL akuades lalu divortex dan diinkubasi di ruang gelap (2 jam, suhu ruang ± 25 °C). Absorbansi sampel diukur menggunakan instrumen Spektrofotometer Thermo Scientific (Genesys 10S UV-Vis, Finlandia) pada panjang gelombang 760 nm. Total polifenol diperoleh dari persamaan kurva standar asam galat dengan beberapa seri konsentrasi (0, 20, 40, 60, 80, dan 100 mg GAE).

Analisis aktivitas antioksidan

Analisis aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH mengacu pada Sutjiati *et al.* (2022). Sebanyak 0,2 mL ekstrak sampel ditambahkan dengan 3,8 mL larutan DPPH (0,002 mg dalam 80 mL metanol) lalu divortex. Larutan blanko dibuat dengan menambahkan 0,2 mL metanol pada 3,8 mL larutan DPPH. Semua sampel dan blanko diinkubasi selama 1 jam pada suhu ruang (± 25 °C). Absorbansi sampel diukur pada panjang gelombang 517 nm dengan spektrofotometer. Nilai aktivitas antioksidan dihitung dengan persamaan 1, yaitu hasil perhitungan selisih absorbansi blanko (p_0) dan absorbansi sampel (p_1) dibagi dengan absorbansi blanko (p_0).

$$\text{Aktivitas Antioksidan (\%)} = \frac{p_0 - p_1}{p_0} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Analisis proksimat

Metode yang digunakan pada analisis proksimat merujuk pada SNI 01-2891-1992 tentang cara uji makanan dan minuman (BSN, 1992). Analisis proksimat yang dilakukan adalah kadar air (gravimetri), kadar abu (gravimetri), kadar lemak (Soxhlet), kadar protein (Kjeldahl), dan kadar karbohidrat (*by difference*).

Analisis warna

Pengukuran warna dilakukan dengan menggunakan *Colour Reader HunterLab* (HunterLab Mini-Scan EZ 4500, Amerika Serikat) dengan mengacu pada metode AOAC (1995). *Colour reader* dikalibrasi terlebih dahulu dengan plat standar berwarna putih. Skala pembacaan yang dipilih adalah L^* , a^* , b^* , dan pengukuran dilakukan pada tiga titik yang berbeda.

Uji organoleptik

Aroma dan rasa nib kakao dinilai secara organoleptik dengan metode uji hedonik skala 4 yang mengacu pada SNI 01-2346-2006 (BSN, 2006). Sampel yang diuji berupa kepingan biji kakao sangrai yang

telah dihancurkan atau berupa nib kakao sangrai. Sebanyak 42 orang panelis tidak terlatih melakukan pengisian kuisioner terhadap sampel yang diletakkan di dalam wadah dan diberikan penilaian kesukaan terhadap aroma dan rasa dengan memberikan skor dalam skala sebagai berikut: 1= sangat tidak suka, 2= tidak suka, 3= suka, 4= sangat suka.

Analisis statistik

Rancangan penelitian ini berupa rancangan acak lengkap faktorial (RALF) dengan 2 faktor perlakuan yaitu jenis perlakuan bahan baku sebelum penyangraian yang terdiri dari 3 taraf perlakuan (tidak difermentasi, fermentasi spontan, dan fermentasi dengan ragi tape) dan tekanan yang digunakan saat proses sangrai yang terdiri dari 3 taraf perlakuan (3, 4, dan 5 Bar) sehingga terdapat 9 kombinasi faktor perlakuan. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Data hasil penelitian diolah dengan metode analisis ragam (ANOVA) dan uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total polifenol biji kakao

Nilai total polifenol sampel biji kakao sangrai ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil pada tabel tersebut menunjukkan nilai rerata total polifenol sampel berkisar antara $10,66 \pm 0,45$ hingga $20,23 \pm 1,02$ mg GAE/g. Perlakuan yang tidak difermentasi dengan tekanan *puffing* 3 Bar menghasilkan nib kakao dengan kadar total polifenol paling tinggi. Total polifenol paling rendah ada pada biji kakao yang difermentasi secara spontan dan disangrai pada tekanan 4 Bar, perlakuan ini tidak berbeda nyata dengan sampel biji kakao fermentasi spontan pada penyangraian 5 Bar serta dengan biji kakao yang difermentasi ragi tape pada tekanan sangrai 4 dan 5 Bar. Total polifenol nib kakao dipengaruhi secara signifikan oleh tekanan *puffing* dan jenis bahan baku. Biji kakao non-fermentasi yang melalui penyangraian pada tekanan *puffing* 3 Bar menghasilkan nib kakao dengan kadar total polifenol tertinggi dan secara signifikan berbeda dengan perlakuan lainnya. Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya oleh Hu *et al.* (2016) yang menyebutkan bahwa penurunan total polifenol terjadi seiring dengan peningkatan tekanan *puffing*. Hal ini dapat disebabkan oleh terjadinya degradasi, oksidasi, dan polimerisasi senyawa polifenol selama *puffing* (Hu *et al.*, 2016). Selain itu penurunan kadar total polifenol juga dapat terjadi selama proses fermentasi biji kakao. Penurunan ini berkaitan dengan rusaknya permeabilitas sel biji kakao selama proses fermentasi. Hal tersebut akan menyebabkan senyawa polifenol dapat keluar menyebar ke semua jaringan biji dan bereaksi dengan enzim polifenol oksidase (Utami, 2018).

Tabel 1. Total polifenol dan aktivitas antioksidan nib kakao pada berbagai tekanan sangrai
 Table 1. Total polyphenols and antioxidant activity of cocoa nibs at various puffing pressures

Bahan Baku (Materials)	Total Polifenol (mg GAE/g) (Total Polyphenols (mg GAE/g))			Aktivitas Antioksidan (%) (Antioxidant Activity (%))		
	3 Bar	4 Bar	5 Bar	3 Bar	4 Bar	5 Bar
Fermentasi spontan (Spontaneously fermented)	12.59±0.49 ^{aa}	10.66±0.45 ^{ab}	11.82±0.82 ^{ab}	82.95±0.47 ^{aa}	82.44±1.06 ^{aa}	78.45±1.92 ^{ab}
Fermentasi ragi tape (Fermented using ragi tape)	14.28±1.42 ^{aa}	12.19±1.54 ^{ab}	11.95±1.94 ^{ab}	82.26±0.49 ^{abA}	79.60±1.33 ^{abA}	78.26±1.74 ^{abB}
Tidak difermentasi (Unfermented)	20.23±1.02 ^{ba}	16.08±2.07 ^{bb}	15.14±2.96 ^{bb}	77.47±2.28 ^{ba}	79.03±2.21 ^{ba}	78.34±1.72 ^{bb}

Keterangan: Nilai dinyatakan dalam rata-rata±standar error mean (n= 3). Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom atau huruf kapital yang sama pada baris berarti berbeda tidak nyata ($p>0,05$)

Note: Value is expressed as mean±standard error (n= 3). Values with the same lowercase superscript letters in column or same uppercase superscript letters in row showed insignificant differences ($p>0.05$)

Aktivitas antioksidan biji kakao sangrai

Nilai rerata aktivitas antioksidan nib kakao yang disangrai dengan metode *puffing* berkisar antara 77,47±2,28% hingga 82,95±0,47%. Aktivitas antioksidan nib kakao dipengaruhi secara signifikan oleh tekanan *puffing* dan jenis bahan baku. Penyangraian pada tekanan *puffing* 5 Bar menghasilkan nib kakao dengan aktivitas antioksidan terendah di antara perlakuan lainnya, kecuali pada sampel nib kakao tanpa fermentasi. Terjadi penurunan nilai rerata aktivitas antioksidan nib kakao seiring dengan peningkatan tekanan *puffing*. Hal ini berkaitan dengan total polifenol yang juga menurun saat tekanan *puffing* meningkat karena polifenol termasuk komponen utama yang memberikan aktivitas antioksidan pada biji kakao (Melo *et al.*, 2020).

Perlakuan fermentasi spontan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan nib kakao yang difermentasi dengan ragi tape, tetapi berbeda nyata ($p<0,05$) dengan nib kakao yang tidak difermentasi. Aktivitas antioksidan tertinggi juga terdapat pada nib kakao dengan perlakuan fermentasi spontan. Penelitian lain justru menunjukkan hasil yang berlawanan. Utami (2018) dan Oracz dan Żyżelewicz (2020) melaporkan bahwa selama fermentasi terjadi penurunan total polifenol yang secara langsung juga akan menurunkan aktivitas antioksidan. Secara umum, adanya proses fermentasi akan mengurangi kandungan polifenol dalam biji kakao yang seharusnya juga akan menurunkan aktivitas antioksidan produk tersebut.

Penelitian lain oleh Hu *et al.* (2016) menyatakan bahwa senyawa flavonoid yang termasuk dalam kelompok polifenol memiliki pengaruh besar terhadap aktivitas antioksidan. Ini terkait dengan perbedaan struktur senyawa flavonoid yang memungkinkan efek berbeda pada aktivitas antioksidan. Struktur flavonoid tertentu, seperti adanya gugus *catechol* dan gugus hidroksil pada posisi tertentu dapat meningkatkan kemampuannya sebagai antioksidan (Utami, 2018). Selain itu, aktivitas antioksidan juga dapat diperankan oleh senyawa lain seperti peptida dan

alkaloid yang terbentuk selama fermentasi dan dapat bekerja secara sinergis dengan polifenol dalam meningkatkan aktivitas antioksidan (Cortez *et al.*, 2023; Utami *et al.*, 2016). Oleh karena itu, nib kakao dengan total polifenol yang rendah tidak selalu menunjukkan aktivitas antioksidan yang juga lebih rendah.

Kadar proksimat biji kakao sangrai

Nib kakao yang disangrai dengan metode *puffing* memiliki kadar air berkisar antara 1,85±0,13% hingga 3,08±0,10%, kadar abu 3,61±0,09 hingga 4,78±0,21%, protein 12,55±0,51% hingga 14,37±0,74%, lemak 42,06±2,11% hingga 49,25±0,76%, dan karbohidrat 30,18±1,19% hingga 39,14±2,24% (Tabel 2). Perbedaan tekanan *puffing* memberikan pengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap perubahan kadar air, lemak, dan karbohidrat nib kakao sedangkan jenis bahan baku berpengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap kadar abu, protein, lemak, dan karbohidrat.

Kadar air cenderung menurun pada tekanan *puffing* yang semakin meningkat. Peningkatan tekanan *puffing* berbanding lurus dengan meningkatnya suhu yang kemudian menyebabkan semakin banyak molekul air menguap dan kadar air menurun (Dewandari *et al.*, 2020). Konstanta laju pengeringan suatu bahan akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan durasi waktu dan tekanan yang digunakan selama proses *puffing*. Konstanta ini memiliki hubungan langsung dengan koefisien difusi bahan. Hal ini berarti kecepatan difusi air atau massa air dari dalam nib ke permukaan luar bahan akan semakin cepat seiring dengan peningkatan konstanta laju pengeringan, sehingga air lebih cepat menguap pada tekanan *puffing* yang tinggi. Penurunan kadar air ini juga memengaruhi kadar karbohidrat nib kakao yang cenderung meningkat pada tekanan *puffing* yang semakin tinggi. Kadar air yang menurun akan menurunkan derajat gelatinisasi pati. Derajat gelatinisasi yang rendah akan menghambat hidrolisis pati. Sebaliknya, kadar air yang tinggi dapat dengan mudah menghidrolisis pati (Huang *et al.*, 2018).

Tabel 2. Hasil analisis proksimat pada berbagai jenis metode fermentasi dan tekanan sangrai nib kakao
 Table 2. Proximate analysis result of cocoa nibs with various types of fermentation methods and puffing pressure

Bahan Baku (Materials)	Tekanan Puffing (Bar) (Puffing Pressure (Bar))	Air (%bk) (Water, db)	Abu (%bk) (Ash, db)	Protein (%bk) (Protein, db)	Lemak (%bk) (Fat, db)	Karbohidrat (%bk) (Carbohydrate, db)
Fermentasi spontan (Spontaneously fermented)	3	3.08±0.10 ^{aX}	3.63±0.04 ^{aX}	13.86±0.76 ^{aX}	49.25±0.76 ^{aX}	30.18±1.19 ^{aX}
	4	2.38±0.13 ^{aY}	3.69±0.11 ^{aX}	12.56±0.53 ^{bY}	43.91±1.45 ^{aY}	37.46±1.83 ^{aX}
	5	1.85±0.13 ^{aY}	3.67±0.04 ^{aX}	14.37±0.74 ^{aX}	45.11±1.78 ^{aXY}	35.00±2.63 ^{aY}
Tidak difermentasi (Unfermented)	3	2.99±0.26 ^{aX}	4.73±0.02 ^{bX}	13.17±0.80 ^{aX}	46.68±0.40 ^{aX}	32.44±0.33 ^{bX}
	4	2.13±0.27 ^{aY}	4.78±0.21 ^{bX}	14.27±0.41 ^{aX}	44.38±2.89 ^{aY}	34.44±2.61 ^{bX}
	5	2.18±0.34 ^{aY}	4.65±0.12 ^{bX}	13.89±0.22 ^{aX}	45.80±0.77 ^{aXY}	33.49±0.77 ^{bY}
Fermentasi ragi tape (Fermented by ragi tape)	3	2.97±0.24 ^{aX}	3.61±0.09 ^{aX}	13.27±0.74 ^{aX}	43.55±1.38 ^{bX}	36.59±0.96 ^{bX}
	4	2.24±0.24 ^{aY}	3.63±0.03 ^{aX}	12.93±0.22 ^{bX}	42.06±2.11 ^{bY}	39.14±2.24 ^{bX}
	5	2.02±0.52 ^{aY}	3.77±0.04 ^{aX}	12.55±0.51 ^{bX}	43.32±2.45 ^{bXY}	38.34±3.35 ^{bY}

Keterangan: Nilai dinyatakan dalam rata-rata±standar error mean (n= 3). Angka yang diikuti huruf kecil yang sama untuk perlakuan bahan baku atau huruf kapital yang sama untuk perlakuan tekanan *puffing* pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($p>0,05$), bk= basis kering

Note: Value is expressed as mean±standard error (n= 3). Values with the same lowercase superscript letters for raw material treatment variable or same uppercase superscript letters for puffing method variable showed insignificant differences ($p>0.05$), db= dry basis

Pati yang terhidrolisis mampu terdispersi dalam kandungan air bahan dan akan ikut menguap selama proses pemanasan berlangsung (Huang *et al.*, 2018). Dengan demikian, tekanan *puffing* yang rendah justru akan menghilangkan lebih banyak karbohidrat. Peningkatan tekanan cenderung menurunkan kadar lemak bahan. Hal ini diduga karena terjadi peningkatan suhu seiring dengan meningkatnya tekanan saat proses *puffing*. Kenaikan suhu dapat mempercepat pergerakan molekul lemak, sehingga jarak antar molekul menjadi lebih besar dan memudahkan proses penghilangan lemak (Sipayung *et al.*, 2014). Proses penyangraian juga menyebabkan penurunan kadar lemak karena dikonversi menjadi senyawa asam yang berkontribusi terhadap aroma khas kakao (Hu *et al.*, 2016).

Kadar abu pada nib kakao yang difermentasi menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan pada kakao yang tidak difermentasi. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian oleh Calvo *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa penurunan kadar abu dapat terjadi akibat pencucian biji kakao setelah fermentasi yang ikut terbawa bersama lendir hasil degradasi kulit/cangkang biji kakao. Pencucian lendir akan menghilangkan mineral biji kakao yang sebagian besar terdapat pada cangkangnya, terutama untuk mineral yang larut air. Kadar protein cenderung lebih tinggi pada nib kakao tanpa fermentasi. Ketika biji kakao difermentasi, metabolit seperti etanol dan asam organik menyebar dan memicu aktivitas enzim di dalam kotiledon. Salah satu enzim yang aktif adalah enzim protease yang dapat memecah protein (Vuyst dan Weckx, 2015; Haliza *et al.*, 2019). Hasil dari pemecahan protein tersebut dapat berupa pep-

tida dan asam amino. Asam amino kemudian dapat hilang saat proses penyangraian karena bereaksi dengan gula reduksi dan menghasilkan senyawa aroma (Ho *et al.*, 2014). Hal ini dibuktikan pada hasil analisis keragaman bahwa interaksi antar perlakuan memengaruhi kadar protein nib kakao. Tanpa fermentasi, nib kakao tidak memiliki aroma dan rasa yang khas karena protein tidak terdegradasi sempurna. Hal ini berkaitan dengan tidak terbentuknya senyawa volatil secara optimal selama penyangraian dan penurunan kadar protein tidak setinggi nib kakao yang telah difermentasi.

Nib kakao yang difermentasi dengan ragi tape memiliki kadar lemak terendah dan berbeda nyata di antara bahan baku lainnya. Menurut Silfia *et al.* (2017), katabolisme glukosa yang menghasilkan asetil Co-A terjadi selama fermentasi biji kakao. Hal ini dapat memungkinkan pembentukan lemak melalui proses lipogenesis. Kehadiran starter (dalam hal ini berupa ragi tape) dapat memungkinkan mikroorganisme bekerja lebih aktif dan mempercepat proses fermentasi. Laju fermentasi yang meningkat akan membentuk asam-asam organik yang lebih cepat dan dapat menghidrolisis lemak sehingga menurunkan kadar lemak pada biji kakao (Sitompul, 2018).

Proses yang semakin singkat pada fermentasi menggunakan ragi tape juga menghasilkan biji kakao dengan kadar lemak yang lebih rendah jika dibandingkan dengan fermentasi spontan (tanpa starter). Namun sebaliknya, fermentasi dengan ragi tape menunjukkan kadar karbohidrat nib kakao yang lebih tinggi dan berbeda nyata dibandingkan jenis perlakuan bahan baku lainnya. Ketika ragi tape digunakan untuk memulai fermentasi, mikroorganisme (khamir,

bakteri asam laktat, dan bakteri asam asetat) yang akan memecah pati pada pulp dan menghasilkan asam laktat, etanol, dan asam asetat yang lebih banyak. Sebagian senyawa ini dapat berdifusi ke dalam biji dan akan mendorong kematian biji yang semakin intens (Utami, 2018). Kematian biji selama fermentasi selanjutnya akan menginisiasi berbagai reaksi enzimatis di dalam biji kakao, sehingga dengan penambahan starter akan membuat perubahan senyawa dalam biji menjadi lebih optimal. Reaksi enzimatis dalam biji salah satunya diperankan oleh enzim glikosidase. Enzim ini dapat merubah antosianin dalam biji kakao menjadi senyawa yang lebih sederhana, yaitu sianidin dan gula. Perubahan ini berdampak pada warna dan citarasa biji kakao. Selain itu, proses ini juga dapat memengaruhi kandungan karbohidrat biji kakao (Yuniar *et al.*, 2018). Kadar karbohidrat pada hasil analisis ini tidak serta merta dipengaruhi oleh perlakuan tapi juga dapat dipengaruhi oleh kadar proksimat lainnya karena perhitungan dilakukan tanpa melalui analisis secara langsung, melainkan dengan cara perhitungan kasar atau disebut *carbohydrate by difference*.

Warna nib kakao sangrai

Pengukuran warna nib kakao dilakukan karena warna nib akan mempengaruhi kualitas produk akhir. Selain untuk menarik konsumen, warna juga dapat menunjukkan karakteristik atau kualitas suatu bahan pangan (Asmaraningtyas, 2014). Pengukuran warna nib kakao sangrai dilakukan pada nib yang telah dihaluskan. Nib kakao yang tidak difermentasi memiliki tingkat kecerahan tertinggi, nilai *redness* serta *yellowness* terendah. Nib kakao yang difermentasi menggunakan ragi tape dan dilakukan penyangraian pada tekanan 3 Bar memiliki nilai kecerahan terendah dan nilai *redness* serta *yellowness* tertinggi (Tabel 3).

Warna yang ditampilkan pada nib kakao tersebut berupa warna cokelat gelap. Kenampakan warna nib kakao yang telah dihaluskan ditampilkan pada Gambar 2. Biji kakao yang terfermentasi dengan baik dan disangrai dengan panas yang cukup menunjukkan warna dominan cokelat gelap berdasarkan Badan Standardisasi Nasional (2002) tentang biji kakao.

Sifat organoleptik biji kakao sangrai

Aroma adalah suatu sensasi yang dihasilkan dari rangsangan oleh senyawa volatil yang masuk ke rongga hidung dan diterima syaraf-syaraf olfaktori (Tarwendah, 2017). Uji kesukaan pada penelitian ini dilakukan oleh 42 panelis terhadap aroma dan rasa nib kakao. Skor hasil uji ditampilkan pada Tabel 4. Berdasarkan hasil uji organoleptik, nib kakao dengan perlakuan fermentasi spontan dan penyangraian pada tekanan 3 Bar lebih disukai dari segi aroma dan rasa karena mendapatkan skor kesukaan tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lain. Nib kakao hasil fermentasi, baik yang difermentasi secara spontan maupun yang ditambahkan dengan ragi tape, lebih disukai daripada nib kakao tanpa fermentasi. Hal ini dapat dijelaskan karena terbentuknya senyawa prekursor cita rasa khas kakao dan penurunan rasa sepat selama proses fermentasi (Oktarianti dan Rohmah, 2017). Senyawa prekursor ini akan menjadi senyawa pembentuk aroma setelah melalui tahap penyangraian, seperti metilbutanal, *ethylpyrazine*, ester asam asetat, fenol, *benzyl alcohol*, dan lain-lain (Lada *et al.*, 2014). Senyawa-senyawa ini berinteraksi satu sama lain dan menghasilkan senyawa pemberi aroma, seperti aroma kacang sangrai yang sebagian besar dibentuk oleh senyawa *glyoxal* dan glisin (Tiro *et al.*, 2020).

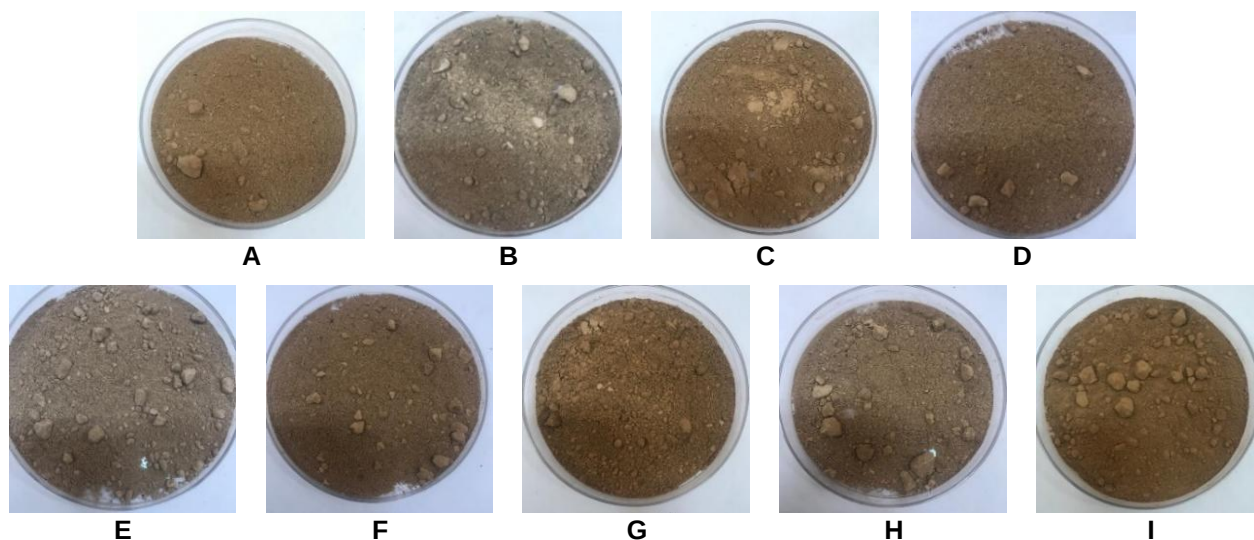
Tabel 3. Intensitas warna LAB nib kakao sangrai bertekanan

Table 3. Color intensity of puffed cocoa nibs in LAB scale

Bahan Baku (Materials)	Tekanan Puffing (Bar) (Puffing Pressure (Bar))	Lighness (L)	Redness (a)	Yellowness (b)
Fermentasi spontan (Spontaneously fermented)	3	38.22±1.71 ^{bX}	10.92±0.09 ^{aX}	18.53±0.47 ^{aX}
	4	37.25±1.12 ^{bX}	11.14±0.65 ^{aX}	17.89±1.59 ^{aX}
	5	38.15±0.67 ^{bX}	9.60±0.55 ^{aY}	15.95±0.87 ^{aX}
Tidak difermentasi (Unfermented)	3	48.02±0.53 ^{aX}	7.82±0.18 ^{bZ}	14.44±0.37 ^{bY}
	4	48.61±0.52 ^{aX}	9.00±0.17 ^{cY}	15.53±0.71 ^{aXY}
	5	45.21±1.64 ^{aY}	10.24±0.14 ^{aX}	17.64±0.13 ^{aX}
Fermentasi ragi tape (Fermented by ragi tape)	3	35.23±0.68 ^{cY}	11.47±0.15 ^{aX}	18.63±0.83 ^{aX}
	4	38.28±2.53 ^{bX}	9.86±0.48 ^{bY}	15.55±1.00 ^{aY}
	5	37.99±0.58 ^{bX}	9.90±0.29 ^{aY}	17.46±3.09 ^{aXY}

Keterangan: Nilai dinyatakan dalam rata-rata±standar error mean (n= 3). Angka yang diikuti huruf kecil yang sama untuk perlakuan bahan baku atau huruf kapital yang sama untuk perlakuan tekanan *puffing* pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($p>0,05$)

Note: Value is expressed as mean±standard error (n= 3). Values with the same lowercase superscript letters for raw material treatment variable or same uppercase superscript letters for puffing method variable showed insignificant differences ($p>0.05$)



Keterangan: tekanan 3 Bar, fermentasi spontan (A); tekanan 3 Bar, tidak difermentasi (B); tekanan 3 Bar, fermentasi ragi tape (C); tekanan 4 Bar, fermentasi spontan (D); tekanan 4 Bar, tidak difermentasi (E); tekanan 4 Bar, fermentasi ragi tape (F); tekanan 5 Bar, fermentasi spontan (G); tekanan 5 Bar, tidak difermentasi (H); tekanan 5 Bar, fermentasi ragi tape (I)

Note: 3 Bar pressure, spontaneous fermentation (A); 3 Bar pressure, unfermented (B); 3 Bar pressure, fermented by ragi tape (C); 4 Bar pressure, spontaneous fermentation (D); 4 Bar pressure, unfermented (E); 4 Bar pressure, fermented by ragi tape (F); 5 Bar pressure, spontaneous fermentation (G); 5 Bar pressure, unfermented (H); 5 Bar pressure, fermented by ragi tape (I)

Gambar 2. Kenampakan warna nib kakao sangrai yang telah dihaluskan

Figure 2. The appearance of roasted cocoa nibs powder

Tabel 4. Skor hedonik (aroma dan rasa) nib kakao sangrai bertekanan

Table 4. Hedonic score (aroma and taste) of pressure roasted cocoa nibs

Bahan Baku (Materials)	Tekanan Puffing (Bar) (Puffing Pressure (Bar))	Skor Hedonik (Hedonic Score)	
		Aroma (Aroma)	Rasa (Taste)
Fermentasi spontan (Spontaneously fermented)	3	3.14 ^c	2.93 ^c
	4	2.90 ^{bc}	2.40 ^b
	5	2.76 ^{ab}	2.12 ^{ab}
Tidak difermentasi (Unfermented)	3	2.50 ^a	2.02 ^a
	4	2.50 ^a	2.10 ^{ab}
	5	2.45 ^a	2.07 ^{ab}
Fermentasi ragi tape (Fermented by ragi tape)	3	2.91 ^{bc}	2.40 ^b
	4	2.71 ^{ab}	2.12 ^{ab}
	5	2.45 ^a	2.10 ^{ab}

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata ($p>0,05$)

Note: Values with same superscript letters showed insignificant differences ($p>0.05$)

terhadap beberapa sifat fisikokimia nib kakao, khususnya pada kadar abu, karbohidrat, lemak, intensitas warna, aktivitas antioksidan serta skor hedonik. Nib kakao yang tidak difermentasi menghasilkan kualitas yang kurang baik dari segi intensitas warna dan skor hedonik. Biji kakao yang difermentasi dengan ragi tape menghasilkan biji kakao dengan kadar lemak terendah sedangkan kadar protein dan aktivitas antioksidannya tidak berbeda signifikan dengan nib kakao dari biji non fermentasi. Perbedaan tekanan *puffing* juga memengaruhi kadar air, karbohidrat, lemak, total polifenol, aktivitas antioksidan, dan skor hedonik secara signifikan. Kadar karbohidrat semakin meningkat dengan kenaikan tekanan *puffing*, sementara kadar air, kadar lemak, total polifenol, aktivitas antioksidan, skor hedonik terhadap rasa dan aroma akan turun. Nib kakao *puffed* yang paling disukai dan memiliki kadar lemak serta aktivitas antioksidan tertinggi dihasilkan dari perlakuan kombinasi bahan baku nib kakao fermentasi spontan dan tekanan *puffing* 3 Bar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) di bawah naungan Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

KESIMPULAN

Proses fermentasi baik secara spontan maupun menggunakan ragi tape berperan secara signifikan

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti, M. (2017). Karakteristik mutu biji kakao (*Theobroma cacao* L) dengan perlakuan waktu fermentasi berdasar SNI 2323-2008. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 12(1), 34–42. <https://doi.org/10.33104/jihp.v12i1.2757>
- Asmaraningtyas, D. (2014). *Kekerasan, warna dan daya terima biskuit yang disubstitusi tepung labu kuning*. [Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta].
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. (1995). *Official Methods of Analysis*. Ed ke-13. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (1992). Standar Nasional Indonesia tentang Cara Uji Makanan dan Minuman (SNI 01-2891-1992). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2002). Standar Nasional Indonesia tentang Biji Kakao (SNI 01-2323-2002). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2006). Standar Nasional Indonesia tentang (SNI 01-2346-2006). Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Calvo, A. M., Botina, B. L., García, M. C., Cardona, W. A., Montenegro, A. C., & Criollo, J. (2021). Dynamics of cocoa fermentation and its effect on quality. *Scientific Reports*, 11(1), 16746. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95703-2>
- Cortez, D., Quispe-Sanchez, L., Mestanza, M., Olivia-Cruz, M., Yoplac, I., Torres, C., & Chavez, S. G. (2023). Changes in bioactive compounds during fermentation of cocoa (*Theobroma cacao*) harvested in Amazonas-Peru. *Current Research in Food Science*, 6, 100494. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2023.100494>
- Dewandari, T. K., Munarso, J., & Rahmawati. (2020). Sifat fisikokimia berondong hanjeli (*Coix lacryma-jobi* L). *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(3), 154–164. <https://doi.org/10.21082/jpasca.v17n3.2020.154-164>
- Haliza, W., Purwani, E. Y., Fardiaz, D., & Suhartono, M. T. (2019). Kakao fermentasi: Pelepasan peptida bioaktif dan manfaatnya bagi kesehatan. *Perspektif*, 18(2), 104–119. <https://doi.org/10.21082/psp.v18n2.2019.104-119>
- Ho, V. T. T., Zhao, J., & Fleet, G. (2014). Yeasts are essential for cocoa bean fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 174, 72–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.12.014>
- Hu, S., Kim, B. Y., & Baik, M. Y. (2016). Physicochemical properties and antioxidant capacity of raw, roasted and puffed cacao beans. *Food Chemistry*, 194, 1089–1094. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.126>
- Huang, R., Pan, X., Lv, J., Zhong, W., Yan, F., Duan, F., & Jia, L. (2018). Effects of explosion puffing on the nutritional composition and digestibility of grains. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 2193–2204. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1514634>
- Indiarto, R., Pranoto, Y., Santoso, U., & Supriyanto. (2019). Evaluation of physicochemical properties and antioxidant activity of polyphenol-rich cacao bean extract through water blanching. *Pakistan Journal of Nutrition*, 18(3), 278–287. <https://doi.org/10.3923/pjn.2019.278.287>
- Lada, Y. G., Supriyanto, & Darmadji, P. (2014). Pengaruh perendaman biji kakao kering dan bahan alat sangrai terhadap sifat fisik dan profil senyawa volatil kakao sangrai serta sifat sensoris cokelat batang yang dihasilkan. *Agritech*, 34(4), 439–447. <https://doi.org/10.22146/agritech.9439>
- Martín, M. A., & Ramos, S. (2016). Cocoa polyphenols in oxidative stress: Potential health implications. *Journal of Functional Foods*, 27, 570–588. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.10.008>
- Melo, T. S., Pires, T. C., Engelmann, J. V. P., Monteiro, A. L. O., Maciel, L. F., & da Silva Bispo, E. (2020). Evaluation of the content of bioactive compounds in cocoa beans during the fermentation process. *Journal of Food Science and Technology*, 58(5), 1947–1957. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04706-w>
- Oktarianti, D., & Rohmah, M. (2017). Pengaruh wadah dan lama fermentasi biji kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap sifat kimia dan sensoris bubuk kakao. *Jurnal Teknologi Pertanian Universitas Mulawarman*, 12(2), 53–57.
- Oracz, J., & Żyżelewicz, D. (2020). Antioxidants in cocoa. *Antioxidants*, 9(12), 1230. <https://doi.org/10.3390/antiox9121230>
- Purwanto, E. H., Setyabudi, S., & Supriyanto, S. (2019). Aktivitas mikrob dalam pulp biji kakao (*Theobroma cacao* L.) selama fermentasi dengan penambahan ragi tape. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 6(1), 21–32. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v6n1.2019.p21-32>
- Purwatiningsih, N. A. (2021). *Peningkatan Kualitas Biji Kakao melalui Fermentasi*. Bogor: Balai

- Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian.
- Rohmah, Y. (Eds). (2022). *Outlook Komoditas Perkebunan Kakao*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian.
- Silfia, S., Kamsina, K., Diza, Y. H., & Hermianti, W. (2017). Pengaruh jenis starter untuk meningkatkan efisiensi waktu fermentasi dan analisis proksimat biji kakao. *Jurnal Litbang Industri*, 7(1), 53–60. <https://doi.org/10.24960/jli.v7i1.2792.53-60>
- Sipayung, M. Y., Suparmi, & Dahlia. (2014). Pengaruh suhu pengukusan terhadap sifat fisika kimia tepung ikan runcah. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau*, 2(1), 1–13.
- Sitompul, A. (2018). Pengaruh jenis ragi dan lama perendaman terhadap mutu biji kakao. *Wahana Inovasi: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat UISU*, 7(1), 10–21.
- Sutjiati, R., Devi, L. S., Prijatmoko, D., Herniyati, Joealijanto, R., Sulistyani, E., Safitri, B. P., & Fitriyani, N. (2022). Bioactive potential of edel cocoa bean (*Theobroma cacao* L.) from Kedaton Jember: Cytotoxicity and antioxidants evaluation. *Journal of Dentomaxillofacial Science*, 7(1), 25–29.
- Tarwendah, I. P. (2017). Jurnal review: Studi komparasi atribut sensoris dan kesadaran merek produk pangan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(2), 66–73.
- Tiro, N. A., Hatta, H., & Pirman. (2020). Pengaruh penggunaan nib kakao fermentasi terhadap sifat fisikokimia coklat. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 23(1), 129–139.
- Utami, R. R. (2018). Antioksidan biji kakao: Pengaruh fermentasi dan penyangraian terhadap perubahannya (Ulasan). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 13(2), 75–85. <https://doi.org/10.33104/jihp.v13i2.4062>
- Utami, R. R., Armunanto, R., Rahardjo, S., & Supriyanto. (2016). Effects of cocoa bean (*Theobroma cacao* L.) fermentation on phenolic content, antioxidant activity and functional group of cocoa bean shell. *Pakistan Journal of Nutrition*, 15(10), 948–953. <https://doi.org/10.3923/pjn.2016.948.953>
- Vuyst, L. D., & Weckx, S (Eds). (2015). *The Functional Role of Lactic Acid Bacteria in Cocoa Bean Fermentation*. Biotechnology of Lactic Acid Bacteria: Novel Applications: Second Edition: 248–278. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118868386.ch16>
- Wijanarti, S., Rahmatika, A. M., & Hardiyanti, R. (2018). Pengaruh Lama Penyangraian Manual Terhadap Karakteristik Kakao Bubuk. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan*, 2(2), 210–220. <https://doi.org/10.22146/jntt.42758>
- Yuniar, L., Rachman, S. D., & Soedjanaatmadja, R. U. M. S. (2018). Pengaruh fermentasi biji kakao dengan menggunakan *Kluyveromyces* sp., *Lactobacillus plantarum*, *Acetobacter xylinum*, enzim papain dan bromelain serta sistein terhadap prekursor cita rasa serta kandungan nutrisi dan polifenolnya. *Chimica et Natura Acta*, 6(3), 127–135. <https://doi.org/10.24198/cna.v6.n3.20859>