

## **PENGARUH PERLAKUAN FERMENTASI DAN FORTIFIKASI TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA TEPUNG SINGKONG**

**Indrie Ambarsari, Dwi Nugraheni dan Sri Catur Budi Setyaningrum**  
Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah, Balitbangtan, Kementerian Pertanian  
e-mail: indrie.amb@gmail.com

### **ABSTRAK**

Sebagai salah satu komoditas pangan sumber karbohidrat, singkong memiliki peran penting dalam mendukung program diversifikasi dan ketahanan pangan di Indonesia. Dalam industri pangan, produk dalam bentuk tepung singkong telah dikembangkan dalam skala komersial. Sayangnya, tepung singkong memiliki beberapa kelemahan yang menjadi faktor pembatas dalam aplikasi di industri pangan, seperti kandungan protein yang rendah, aroma yang kurang sedap, dan warna yang kurang menarik. Upaya perbaikan kualitas tepung singkong telah banyak dilakukan, antara lain melalui metode fermentasi dan fortifikasi. Masing-masing metode memiliki keunggulan, namun informasi mengenai pengaruh kombinasi kedua metode tersebut terhadap kualitas tepung singkong masih terbatas. Berdasarkan hal tersebut, maka kajian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap karakteristik fisikokimia tepung singkong. Kajian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial, dimana faktor pertama adalah fermentasi dan faktor kedua adalah fortifikasi. Faktor pertama terdiri dari dua taraf perlakuan, yaitu tanpa fermentasi dan dengan fermentasi. Faktor kedua terdiri dari empat taraf perlakuan, yaitu tanpa fortifikasi, fortifikasi dengan kedelai, fortifikasi dengan kacang hijau, dan fortifikasi dengan kacang tunggak. Hasil kajian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan fermentasi dan fortifikasi berpengaruh signifikan terhadap karakteristik fisikokimia tepung singkong. Proses fermentasi menyebabkan peningkatan kadar air dan kandungan karbohidrat tepung, serta berperan dalam menghasilkan tepung dengan warna yang lebih cerah. Namun demikian, proses fermentasi dapat menyebabkan penurunan kandungan protein pada tepung singkong. Di sisi lain, perlakuan fortifikasi sangat efektif dalam meningkatkan kandungan protein dan amilosa tepung singkong. Karakteristik kimia tepung singkong terbaik dihasilkan dari penambahan kedelai sebagai fortifikan.

**Kata Kunci: singkong, fermentasi, fortifikasi, kacang-kacangan.**

### **1. PENDAHULUAN**

Singkong (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang memiliki peran penting dalam mendukung program diversifikasi dan ketahanan pangan di Indonesia. Singkong merupakan sumber karbohidrat non beras tertinggi kedua setelah jagung (Zhu, 2015). Tanaman ini sangat toleran terhadap kekeringan dan iklim tropis, sehingga tetap produktif meskipun dibudidayakan di lahan kering atau marjinal (Zhu, 2015). Fleksibilitas budidaya singkong inilah yang memungkinkannya untuk dapat tersedia sepanjang tahun, sehingga berpotensi untuk menggantikan sumber tanaman pangan lainnya (Aryee et al., 2006).

Dalam industri pangan, singkong telah dikembangkan secara komersial, salah satunya dalam bentuk tepung. Umumnya tepung singkong digunakan sebagai bahan campuran dalam industri roti, kue kering, biskuit, *cereal breakfast*, dan lain sebagainya. Meskipun demikian, tepung singkong juga memiliki kelemahan yang membatasi penggunaannya dalam industri pangan, antara lain kadar protein dan lemak yang rendah, aroma yang kurang sedap, serta warna yang kurang menarik

(Aniedu and Aniedu, 2014; Charles et al., 2005; Jisha et al., 2008). Berkaitan dengan kondisi tersebut, diperlukan suatu metode untuk memperbaiki karakteristik tepung singkong agar dapat diaplikasikan secara luas dalam industri pangan.

Beberapa hasil penelitian menyebutkan bahwa proses fermentasi merupakan salah satu metode yang dapat diterapkan untuk memperbaiki karakteristik produk pangan (Aini et al., 2016). Sementara itu, fortifikasi dikenal sebagai metode yang efektif dan efisien dalam memperbaiki kandungan nutrisi suatu produk pangan (Liyanage and Hettiarachchi, 2011; Sadighi et al., 2009). Proses fermentasi maupun fortifikasi memiliki keunggulan yang berbeda dalam memperbaiki karakteristik produk pangan. Meskipun demikian, informasi terkait pengaruh kombinasi kedua metode perlakuan tersebut masih sangat terbatas. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kedua perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap karakteristik fisikokimia tepung singkong.

## **2. MATERI DAN METODE**

### **2.1. Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam kajian meliputi singkong putih, kedelai varietas Grobogan, kacang hijau varietas Vima, kacang tunggak varietas PB Putih, serta bahan-bahan pendukung lainnya. Singkong diperoleh dari lahan Kebun Percobaan BPTP Jawa Tengah, sedangkan komoditas kacang-kacangan diperoleh dari petani di Kabupaten Grobogan. Peralatan yang digunakan antara lain: timbangan digital, *slicer*, *cabinet dryer*, *food processing*, *homogenizer*, dan peralatan pendukung lainnya.

### **2.2. Pembuatan tepung singkong**

Proses pembuatan tepung singkong diawali dengan melakukan pengupasan umbi secara manual dengan menggunakan pisau. Selanjutnya umbi kupas dicuci bersih dengan menggunakan air mengalir, dan diiris tipis dengan menggunakan *slicer* hingga diperoleh ketebalan yang relatif seragam ( $\pm 1-2$  mm). Dalam proses pembuatan tepung singkong terfermentasi (*fermented cassava flour*), irisan singkong direndam dalam air selama 72 jam (penggantian air dilakukan setiap 24 jam). Pada tahapan ini, fermentasi diharapkan berlangsung secara spontan tanpa penambahan starter. Adapun perbandingan irisan singkong dan air yang digunakan untuk perendaman adalah 1:2. Selanjutnya irisan singkong, baik yang telah difermentasi maupun tanpa proses fermentasi, dikeringkan dalam *cabinet dryer* dengan suhu  $45\pm 5$  °C selama 24 jam. Irisan umbi kering selanjutnya dihancurkan dengan menggunakan *food processing* (Fomac FCT-Z200), kemudian diayak hingga diperoleh tepung singkong dengan tingkat kehalusan 80 mesh.

### **2.3. Persiapan bahan fortifikan**

Kedelai, kacang hijau, dan kacang tunggak yang digunakan sebagai bahan fortifikan tepung, terlebih dahulu diolah menjadi tepung. Pembuatan masing-masing jenis tepung kacang diawali

dengan proses penghilangan kulit ari. Penghilangan kulit ari dimaksudkan untuk menghindari terjadinya perubahan warna dan juga timbulnya *off flavor* pada produk akhir. Metode pengupasan atau penghilangan kulit ari mengacu pada metode tradisional yang berkembang di Jawa Tengah.

Pengupasan kedelai dan kacang hijau dilakukan melalui proses perendaman, masing-masing selama 8 dan 24 jam. Pada kacang tunggak yang kulit arinya lebih keras, proses penghilangan kulit ari dilakukan dengan cara perebusan selama 10 menit. Volume air yang digunakan untuk proses perendaman maupun perebusan adalah 4 kali dari berat kacang. Selanjutnya, biji kacang yang sudah bebas dari kulit ari dikeringkan dengan *cabinet dryer* dengan suhu  $45 \pm 5$  °C selama 24 jam. Biji kacang kupas kering kemudian dihancurkan dengan menggunakan *food processing* (Fomac FCT-Z200) dan diayak hingga diperoleh tepung kacang dengan tingkat kehalusan 80 mesh.

#### **2.4. Fortifikasi tepung singkong**

Fortifikasi pada tepung singkong dilakukan dengan menambahkan tepung kacang sebanyak 10% dari berat total tepung. Penetapan tingkat fortifikasi didasari pertimbangan biaya dan penerimaan konsumen. Beberapa hasil penelitian menyebutkan bahwa produk yang difortifikasi dengan menggunakan 10% kacang dapat diterima dengan baik oleh konsumen, namun fortifikasi pada konsentrasi lebih tinggi akan menyebabkan penilaian yang kurang baik, khususnya untuk parameter penampakan, rasa, dan tekstur (Giménez et al., 2013; Petitot et al., 2010).

Pencampuran tepung dalam rangka fortifikasi dilakukan dengan menggunakan homogenizer yang diatur pada kecepatan rendah selama 1 menit. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Tepung yang dihasilkan dikemas dalam kantong plastik polyethylene (PE) 0,08 mm, kemudian disimpan dalam kemasan kedap udara sebelum dianalisis lebih lanjut.

#### **2.5. Pengumpulan dan analisis data**

Analisis produk akhir meliputi karakteristik fisikokimia. Uji karakteristik fisik diwakili oleh pengukuran indeks warna tepung dengan menggunakan Hunter Lab Scan Spectrocolorimeter (Hunter Associates Lab., Inc., Reston, VA, USA) dengan menggunakan sistem CIELAB. Uji karakteristik kimia meliputi kadar air (AOAC, 2016), protein (AOAC, 2016), lemak total (AOAC, 2016), karbohidrat total (AOAC, 2016), dan amilosa (Nwokocha and Williams, 2011). Setiap variabel hasil uji kimia ditampilkan dalam satuan basis kering.

#### **2.6. Rancangan Percobaan**

Rancangan percobaan yang digunakan dalam kajian adalah rancangan acak lengkap faktorial, yang terdiri dari dua faktor peubah, yaitu: fermentasi dan fortifikasi. Faktor pertama terdiri dari dua taraf perlakuan, yaitu dengan dan tanpa proses fermentasi. Faktor kedua terdiri dari empat taraf perlakuan, yaitu: tanpa fortifikasi, fortifikasi dengan kedelai, fortifikasi dengan kacang hijau, dan fortifikasi dengan kacang tunggak. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak 3 ulangan. Analisis data dilakukan dengan menggunakan *two way ANOVA* (analisis varian dua jalur), dan

apabila hasil uji menunjukkan perbedaan yang signifikan maka dilakukan pengujian lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Kadar Air

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi maupun fortifikasi berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kadar air tepung singkong. Terdapat interaksi antara perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap kadar air tepung singkong ( $p < 0,05$ ). Tepung singkong yang mengalami proses fermentasi (*fermented cassava flour*) memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan tepung singkong yang tidak difermentasi (*native cassava flour*). Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa kandungan air pada tepung terfermentasi cenderung lebih tinggi dibandingkan yang tidak difermentasi (Yuliana et al., 2017). Peningkatan kadar air pada tepung singkong terfermentasi, diduga berkaitan erat dengan proses perendaman singkong selama 72 jam.

Di sisi lain, penggunaan kacang hijau sebagai bahan fortifikan juga menghasilkan tepung singkong dengan kadar air yang lebih tinggi dibandingkan fortifikan lainnya (Tabel 1). Hal ini diduga berkaitan dengan kandungan serat yang relatif tinggi pada kacang hijau. Beberapa hasil penelitian menyebutkan bahwa kandungan serat yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan kapasitas pengikatan air (*water holding capacity*), sehingga mendorong terjadinya peningkatan kadar air pada produk (Brennan et al., 2013; Tiwari et al., 2011).

Tabel 1. Pengaruh perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap kadar air tepung singkong

Jenis Fortifikan	Tanpa Fermentasi ( <i>native flour</i> )	Fermentasi ( <i>fermented flour</i> )	Rata-rata
Kontrol (tanpa fortifikasi)	7,50±0,50	10,83±0,29	9,17±1,86 <sup>b</sup>
Kedelai	8,50±0,00	10,33±0,29	9,42±1,02 <sup>bc</sup>
Kacang hijau	9,00±0,00	10,50±0,00	9,75±0,82 <sup>c</sup>
Kacang tunggak	7,17±0,58	10,33±0,29	8,75±1,78 <sup>a</sup>
Rata-rata	8,04±0,84 <sup>A</sup>	10,50±0,30 <sup>B</sup>	9,27±1,39

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

#### 3.2. Kadar Protein

Pengaruh perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap perubahan kandungan protein tepung singkong dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil uji statistik, baik perlakuan fermentasi maupun fortifikasi berpengaruh nyata ( $p < 0,01$ ) terhadap kadar protein tepung singkong. Meskipun demikian, tidak ada interaksi antara perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap kadar protein tepung singkong ( $p > 0,05$ ).

Saat fermentasi diduga terjadi reaksi hidrolisis enzimatis yang menyebabkan pemecahan protein menjadi senyawa yang lebih sederhana (Zhu, 2015). Pemecahan protein menjadi senyawa sederhana tersebut memungkinkan sebagian protein larut dalam air, sehingga kadar protein tepung

singkong hasil fermentasi mengalami penurunan (Sutanti et al., 2013; Syahputri and Wardani, 2015). Sebaliknya, perlakuan fortifikasi justru menyebabkan kandungan protein pada tepung singkong mengalami peningkatan. Peningkatan kadar protein tertinggi dihasilkan dari penambahan fortifikan kedelai. Hal ini tidak mengherankan mengingat kedelai dikenal sebagai sumber protein yang paling tinggi dibandingkan komoditas kacang lainnya (Yuwono et al., 2003). Sebagai gambaran, kadar protein kedelai, kacang hijau, dan kacang tunggak secara berurutan adalah sebagai berikut 34,9; 22,2; dan 22,9% (Haliza et al., 2007).

Tabel 2. Pengaruh perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap kadar protein tepung singkong

Jenis Fortifikan	Tanpa Fermentasi ( <i>native flour</i> )	Fermentasi ( <i>fermented flour</i> )	Rata-rata
Kontrol (tanpa fortifikasi)	3,28±0,05	0,70±0,10	1,99±1,42 <sup>a</sup>
Kedelai	7,70±0,25	5,21±0,27	6,46±1,39 <sup>c</sup>
Kacang hijau	5,95±0,03	3,57±0,38	4,76±1,30 <sup>b</sup>
Kacang tunggak	5,85±0,09	3,70±0,11	4,77±1,18 <sup>b</sup>
Rata-rata	5,70±1,65 <sup>A</sup>	3,29±1,71 <sup>B</sup>	4,50±1,88

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

### 3.3. Kadar Lemak

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi tidak berpengaruh ( $p>0,05$ ) terhadap kadar lemak tepung singkong, namun perlakuan fortifikasi berpengaruh nyata ( $p<0,01$ ) terhadap kadar lemak tepung singkong. Tidak ada interaksi antara perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap kadar lemak tepung singkong ( $p>0,05$ ). Dengan kata lain, perubahan kadar lemak pada tepung singkong yang dihasilkan pada kajian ini hanya dipengaruhi oleh perlakuan fortifikasi.

Selain sebagai sumber protein, kacang-kacangan juga dikenal sebagai sumber lemak. Karenanya penggunaan kacang sebagai fortifikan dapat meningkatkan kadar lemak pada tepung singkong yang dihasilkan. Tabel 3 menunjukkan bahwa peningkatan kadar lemak tertinggi pada tepung singkong dihasilkan dari penggunaan fortifikan kedelai. Hal ini berkaitan dengan kandungan lemak kedelai yang lebih tinggi dibandingkan komoditas kacang lainnya (Jahreis et al., 2016).

Tabel 3. Pengaruh perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap kadar lemak tepung singkong

Jenis Fortifikan	Tanpa Fermentasi ( <i>native flour</i> )	Fermentasi ( <i>fermented flour</i> )	Rata-rata
Kontrol (tanpa fortifikasi)	0,53±0,13	0,58±0,05	0,55±0,91 <sup>a</sup>
Kedelai	2,39±0,06	2,48±0,04	2,43±0,06 <sup>c</sup>
Kacang hijau	0,65±0,13	0,73±0,00	0,68±0,09 <sup>b</sup>
Kacang tunggak	0,77±0,01	0,62±0,12	0,69±0,12 <sup>b</sup>
Rata-rata	1,08±0,79 <sup>A</sup>	1,10±0,83 <sup>A</sup>	1,09±0,79

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

### 3.4. Total Karbohidrat

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi maupun fortifikasi berpengaruh nyata ( $p<0,05$ ) terhadap kadar karbohidrat tepung singkong (Tabel 4), dan terdapat

interaksi yang signifikan antar perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap kadar karbohidrat tepung singkong ( $p < 0,05$ ). Proses fermentasi secara signifikan mampu meningkatkan kadar karbohidrat pada tepung singkong, sebaliknya proses fortifikasi justru menyebabkan penurunan kadar karbohidrat pada tepung singkong (Tabel 4). Penurunan kadar karbohidrat akibat proses fortifikasi tersebut diduga berkaitan dengan adanya penambahan protein dan serat pangan akibat penggunaan fortifikan kacang (Jahreis et al., 2016).

Tabel 4. Pengaruh perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap total karbohidrat tepung singkong

Jenis Fortifikan	Tanpa Fermentasi ( <i>native flour</i> )	Fermentasi ( <i>fermented flour</i> )	Rata-rata
Kontrol (tanpa fortifikasi)	94,57±0,72	94,80±0,63	94,68±0,62 <sup>d</sup>
Kedelai	87,90±0,49	90,82±0,57	89,36±1,67 <sup>a</sup>
Kacang hijau	92,19±0,29	92,10±0,29	92,14±0,26 <sup>b</sup>
Kacang tunggak	91,59±0,26	94,81±0,20	93,20±1,77 <sup>c</sup>
Rata-rata	91,56±2,53 <sup>A</sup>	93,13±1,85 <sup>B</sup>	92,35±2,31

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

### 3.5. Kadar Amilosa

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi maupun fortifikasi juga berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kadar amilosa tepung singkong. Terdapat interaksi antara perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap kadar amilosa tepung singkong ( $p < 0,05$ ). Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan fermentasi maupun fortifikasi berkontribusi positif terhadap peningkatan amilosa tepung singkong yang dihasilkan.

Proses fermentasi diduga menyebabkan terjadinya depolimerisasi amilopektin pada bagian amorf granula pati singkong, akibatnya struktur amilopektin mengalami perubahan menjadi rantai lurus yang mirip dengan amilosa dan terdeteksi sebagai peningkatan amilosa (Ambarsari, 2011; Zhu, 2015). Sementara itu, penggunaan komoditas kacang sebagai fortifikan mampu meningkatkan kadar amilosa pada tepung singkong karena pati kacang memiliki kandungan amilosa yang lebih tinggi dibandingkan pati umbi-umbian (Chinma et al., 2012).

Tabel 5. Pengaruh perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap kadar amilosa tepung singkong

Jenis Fortifikan	Tanpa Fermentasi ( <i>native flour</i> )	Fermentasi ( <i>fermented flour</i> )	Rata-rata
Kontrol (tanpa fortifikasi)	26,08±0,40	28,01±0,59	27,05±1,15 <sup>a</sup>
Kedelai	34,52±0,39	34,54±1,06	34,53±0,71 <sup>d</sup>
Kacang hijau	31,37±0,32	32,04±0,23	31,70±0,45 <sup>c</sup>
Kacang tunggak	29,76±0,20	30,67±0,19	30,21±0,53 <sup>b</sup>
Rata-rata	30,43±3,19 <sup>A</sup>	31,31±2,52 <sup>B</sup>	30,87±2,85

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

### 3.6. Warna

Perlakuan fermentasi, fortifikasi, maupun interaksi kedua perlakuan tersebut berpengaruh nyata terhadap tingkat kecerahan tepung singkong yang dihasilkan (Tabel 6). Proses fermentasi secara signifikan mampu menghasilkan tepung singkong dengan tingkat kecerahan yang lebih baik, sedangkan perlakuan fortifikasi menyebabkan tepung cenderung menjadi lebih gelap.

Tingginya kandungan protein dan serat pangan pada komoditas kacang-kacangan yang digunakan sebagai fortifikan diduga memiliki peran dalam mendorong terjadinya reaksi antara gula reduksi dan asam amino, sehingga warna tepung menjadi lebih gelap (Holguín-Acuña et al., 2008; Rababah et al., 2006).

Tabel 6. Pengaruh perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap tingkat kecerahan (*lightness*) tepung singkong

Jenis Fortifikan	Tanpa Fermentasi ( <i>native flour</i> )	Fermentasi ( <i>fermented flour</i> )	Rata-rata
Kontrol (tanpa fortifikasi)	92,45±0,15	94,28±0,41	93,37±1,04 <sup>c</sup>
Kedelai	91,79±0,24	93,57±0,46	92,68±1,03 <sup>b</sup>
Kacang hijau	90,49±0,09	92,28±0,19	91,38±0,99 <sup>a</sup>
Kacang tunggak	90,39±0,09	92,51±0,18	91,45±1,17 <sup>a</sup>
Rata-rata	91,28±0,92 <sup>A</sup>	93,16±0,89 <sup>B</sup>	92,22±1,31

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

Berdasarkan hasil analisis statistik, warna merah-hijau (indeks  $a^*$ ) pada tepung singkong yang dihasilkan hanya dipengaruhi oleh perlakuan fortifikasi dan tidak dipengaruhi oleh proses fermentasi. Nilai  $a^*$  yang positif (+) mengindikasikan warna merah, sedangkan nilai  $a^*$  negatif (-) mengindikasikan warna hijau. Tabel 7 memperlihatkan bahwa penggunaan fortifikan kacang hijau dan kacang tunggak menyebabkan peningkatan warna hijau pada tepung singkong yang dihasilkan, sebaliknya fortifikan kedelai justru menyebabkan penurunan warna hijau. Kondisi ini sejalan dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya terkait penggunaan fortifikan kedelai (Friedeck et al., 2003; Rababah et al., 2006).

Tabel 7. Pengaruh perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap indeks warna merah-hijau ( $a^*$ ) pada tepung singkong

Jenis Fortifikan	Tanpa Fermentasi ( <i>native flour</i> )	Fermentasi ( <i>fermented flour</i> )	Rata-rata
Kontrol (tanpa fortifikasi)	-1,23±0,01	-1,18±0,09	-1,20±0,07 <sup>b</sup>
Kedelai	-1,34±0,08	-1,43±0,07	-1,38±0,08 <sup>a</sup>
Kacang hijau	-0,94±0,04	-0,93±0,01	-0,93±0,03 <sup>c</sup>
Kacang tunggak	-0,80±0,03	-0,91±0,03	-0,86±0,07 <sup>d</sup>
Rata-rata	-1,08±0,22 <sup>A</sup>	-1,11±0,23 <sup>A</sup>	-1,09±0,22

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

Tabel 8 memperlihatkan pengaruh perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap indeks warna kuning-biru ( $b^*$ ) pada tepung singkong yang dihasilkan. Nilai positif (+) mengindikasikan warna kuning, sedangkan nilai negatif (-) mengindikasikan warna biru. Sama halnya dengan tingkat kecerahan, indeks warna kuning-biru ( $b^*$ ) pada tepung singkong dipengaruhi oleh perlakuan fermentasi maupun fortifikasi. Proses fermentasi menyebabkan penurunan indeks warna kuning pada tepung singkong, sementara penambahan tepung kedelai dan kacang hijau pada proses fortifikasi menyebabkan peningkatan indeks warna kuning pada tepung singkong.

Penurunan warna kuning akibat proses fermentasi berkaitan erat dengan peningkatan kecerahan tepung singkong yang dihasilkan (Ambar Sari, 2011). Penurunan warna kuning menyebabkan tepung singkong yang dihasilkan menjadi lebih putih (cerah). Dimungkinkan pada

saat fermentasi, proses perendaman menyebabkan beberapa senyawa seperti protein dan pigmen warna kuning pada singkong terhidrolisis dan larut dalam air, sehingga kandungannya pada produk akhir cenderung mengalami penurunan.

Tabel 8. Pengaruh perlakuan fermentasi dan fortifikasi terhadap indeks kuning-biru (b\*) pada tepung singkong

Jenis Fortifikan	Tanpa Fermentasi ( <i>native flour</i> )	Fermentasi ( <i>fermented flour</i> )	Rata-rata
Kontrol (tanpa fortifikasi)	8,99±0,14	4,53±0,95	6,76±2,52 <sup>a</sup>
Kedelai	10,59±0,24	6,93±0,93	8,76±2,09 <sup>c</sup>
Kacang hijau	9,63±0,08	6,21±0,07	7,92±1,87 <sup>b</sup>
Kacang tunggak	8,89±0,23	5,24±0,28	7,07±2,01 <sup>a</sup>
Rata-rata	9,53±0,72 <sup>A</sup>	5,73±1,11 <sup>B</sup>	7,63±2,15

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada p>0,05

#### 4. KESIMPULAN

Perlakuan fermentasi dan fortifikasi memiliki pengaruh yang cenderung berbeda terhadap karakteristik fisikokimia tepung singkong yang dihasilkan. Dilihat dari karakteristik fisik, proses fermentasi secara efektif mampu meningkatkan kecerahan warna tepung yang dihasilkan, sedangkan perlakuan fortifikasi dengan menggunakan kacang justru menyebabkan tepung yang dihasilkan cenderung gelap (kurang cerah). Terkait karakteristik kimia, perlakuan fermentasi menyebabkan peningkatan kadar air, karbohidrat, dan amilosa, namun mengakibatkan penurunan kadar protein pada tepung singkong yang dihasilkan. Sementara itu, perlakuan fortifikasi menyebabkan peningkatan kadar protein, lemak, dan amilosa tepung singkong yang dihasilkan. Keunggulan masing-masing perlakuan ini dapat menjadi acuan bagi industri pangan untuk aplikasi metode sesuai dengan karakteristik produk akhir yang diinginkan.

#### 5. REFERENSI

- Aini, N., Wijonarko, G., Sustrawan, B., 2016. Sifat fisik, kimia, dan fungsional tepung jagung yang diproses melalui fermentasi. *Agritech* 36, 160–169.
- Ambarsari, I., 2011. Pengaruh Perendaman Chips Ubi Kayu dalam Larutan Asam Laktat dan Hidrogen Peroksida Terhadap Baking Expansion Tepung. Gadjah Mada University.
- Aniedu, C., Aniedu, O.C., 2014. Fortification of Cassava fufu flour with African yam bean flour: Implications for improved nutrition in Nigeria. *Asian J. Plant Sci. Res.* 4, 63–66.
- AOAC, 2016. AOAC Official Methods of Analysis, Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C. Arlington, VA, USA. <https://doi.org/10.3390/s150304766>
- Aryee, F.N., Oduro, I., Ellis, W., Afuakwa, J., 2006. The physicochemical properties of flour samples from the roots of 31 varieties of cassava. *Food Control* 17, 916–922.
- Brennan, M.A., Derbyshire, E., Tiwari, B.K., Brennan, C.S., 2013. Ready-to-eat snack products: The role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks.



- Int. J. Food Sci. Technol. 48, 893–902.
- Charles, A.L., Sriroth, K., Huang, T., 2005. Proximate composition, mineral contents, hydrogen cyanide and phytic acid of 5 cassava genotypes. *Food Chem.* 92, 615–620.
- Chinma, C.E., Abu, J.O., James, S., Iheanacho, M., 2012. Chemical, functional and pasting properties of defatted starches from cowpea and soybean and application in stiff porridge preparation. *Niger. Food J.* 30, 80–88.
- Friedeck, K., Karagul-Yuceer, Y., Drake, M.A., 2003. Soy protein fortification of a low-fat dairy-based ice cream. *J. Food Sci.* 68, 2651–2657.
- Giménez, M.A., González, R.J., Wagner, J., Torres, R., Lobo, M.O., Samman, N.C., 2013. Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of corn-broad beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta. *Food Chem.* 136, 538–545.
- Haliza, W., Purwani, E.Y., Ridwan, T., 2007. Pemanfaatan Kacang-Kacangan Lokal Sebagai Substitusi Bahan Baku Tempe Dan Tahu. *Bul. Teknol. Pascapanen Pertan.* 3, 1–8.
- Holguín-Acuña, A.L., Carvajal-Millán, E., Santana-Rodríguez, V., Rascón-Chu, A., Márquez-Escalante, J.A., Ponce de León-Renova, N.E., Gastelum-Franco, G., 2008. Maize bran/oat flour extruded breakfast cereal: A novel source of complex polysaccharides and an antioxidant. *Food Chem.* 111, 654–657.
- Jahreis, G., Brese, M., Leiterer, M., Schäfer, U., Böhm, V., 2016. Legume flours: Nutritionally important sources of protein and dietary fiber. *Ernährungs Umschau* 63, 36–42.
- Jisha, S., Padmaja, G., Moorthy, S.N., Rajeshkumar, K., 2008. Pre-treatment effect on the nutritional and functional properties of selected cassava-based composite flours. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 9, 587–592.
- Liyanage, C., Hettiarachchi, M., 2011. Food Fortification. *Ceylon Med. J.* 56, 124–127.
- Nwokocha, L.M., Williams, P.A., 2011. Comparative study of physicochemical properties of breadfruit (*Artocarpus altilis*) and white yam starches. *Carbohydr. Polym.* 85, 294–302.
- Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., Micard, V., 2010. Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Res. Int.* 43, 634–641.
- Rababah, T.M., Al-Mahasneh, M.A., Ereifej, K.I., 2006. Effect of chickpea, broad bean, or isolated soy protein additions on the physicochemical and sensory properties of biscuits. *J. Food Sci.* 71, S438-442.
- Sadighi, J., Mohammad, K., Sheikholeslam, R., Amirkhani, M.A., Torabi, P., Salehi, F., Abdolahi, Z., 2009. Anaemia control: Lessons from the flour fortification program. *Public Health* 123, 794–799.
- Sutanti, A., Luwihana, S., Kanetro, B., 2013. Pengaruh perlakuan pendahuluan dan konsentrasi tepung kacang tunggak (cowpea) terhadap sifat fisik dan tingkat kesukaan oyek. *J. AgriSains* 4, 11–22.
- Syahputri, D.A., Wardani, A.K., 2015. Pengaruh fermentasi jali (*Coix lacryma joni-L*) terhadap karakteristik cookies dan roti tawar. *J. Pangan dan Agroindustri* 3, 984–995.

- Tiwari, B.K., Brennan, C.S., Jaganmohan, R., Surabi, A., Alagusundaram, K., 2011. Utilisation of pigeon pea (*Cajanus cajan* L) byproducts in biscuit manufacture. *LWT - Food Sci. Technol.* 44, 1533–1537.
- Yuliana, N., Nurdjanah, S., Setyani, S., Novianti, D., 2017. Improving properties of sweet potato composite flour: Influence of lactic fermentation, in: *AIP Conference Proceedings*. pp. 1–6.
- Yuwono, S.S., Hayati, K.K., Wulan, S.N., 2003. Karakterisasi Fisik, Kimia dan Fraksi Protein 7s dan 11s Sepuluh Varietas Kedelai Produksi Indonesia. *J. Teknol. Pertan.* 4, 84–90.
- Zhu, F., 2015. Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. *Carbohydr. Polym.* 122, 456–480.