

Pengaruh Fortifikasi Vitamin A dan Zat Besi Terenkapsulasi pada Tepung Ubi Kayu dan Aplikasinya pada Pembuatan *Flakes*

Fortification Effect of Encapsulated Vitamin A and Iron in Cassava Flour and Its Application in Flakes Production

Windi Asterini¹, Sugiyono^{1*}, H. Hoerudin², Endang Prangdimurti¹

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Lingkar Akademik Kampus IPB Darmaga Bogor 16680, Indonesia

²Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

Jl. Tentara Pelajar No. 12 Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor 16114, Indonesia

*Email: sugiyono@ipb.ac.id

Tanggal submisi: 19 Februari 2016; Tanggal penerimaan: 2 November 2018

ABSTRAK

Fortifikasi merupakan salah satu cara mengatasi defisiensi zat gizi mikro terutama vitamin A dan zat besi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fortifikasi vitamin A dan zat besi pada tepung ubi kayu sebagai pangan pembawa serta aplikasinya pada pembuatan produk *flakes*. Perlakuan pada tepung ubi kayu diberi vitamin A (retinil palmitat) terenkapsulasi 5,6 mg/kg secara tunggal dan juga dikombinasikan dengan zat besi ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) terenkapsulasi sebanyak 31 mg/kg. Tepung ubi kayu tanpa fortifikasi digunakan sebagai kontrol. Hasil penelitian menunjukkan fortifikasi vitamin A baik secara tunggal maupun yang ditambahkan dengan zat besi tidak mempengaruhi kadar air ($10,09 \pm 0,24 - 10,71 \pm 1,76$) dan derajat putih tepung ubi kayu ($98,11 \pm 0,13 - 98,85 \pm 0,12$) ($p > 0,05$). Akan tetapi fortifikasi mempengaruhi kadar zat besi ($7,42 \pm 0,09 - 28,20 \pm 0,96$) dan vitamin A ($< 0,50 \pm 0,00 - 7,19 \pm 1,45$) tepung ubi kayu ($p < 0,05$). Pengaplikasian tepung ubi kayu terfortifikasi pada *flakes* menghasilkan kadar vitamin A ($13,23 \pm 4,24 - 14,66 \pm 0,97$) dan warna ($28,29 \pm 0,62 - 30,08 \pm 0,97$) tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). *Flakes* dengan perlakuan kombinasi (vitamin A dan zat besi) mengurangi persentase bioksesabilitas vitamin A ($51,24 \pm 1,32$) akan tetapi meningkatkan nilai bioaksesabilitas zat besi ($77,69 \pm 1,45$) secara signifikan. Berdasarkan uji organoleptik, keseluruhan perlakuan masih dapat diterima ± 5 (agak disukai) oleh panelis.

Kata kunci: Tepung ubi kayu; *flakes*; fortifikasi; zat besi; vitamin A

ABSTRACT

Fortification is one of the promising techniques for decreasing micronutrient deficiency problem, particularly in vitamin A and iron cases. This research aimed to investigate the effect of encapsulated vitamin A and iron fortification on cassava flour and its application on flakes product. Cassava flour was fortified with 5.6 mg/kg of encapsulated vitamin A (retinyl palmitate) for a single treatment, and also combined with 31 mg/kg of encapsulated iron ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Non-fortified cassava flour was used as control. Results showed no significant differences in water content ($10.09 \pm 0.24 - 10.71 \pm 1.76$) and the cassava flour's whiteness degree ($98.11 \pm 0.13 - 98.85 \pm 0.12$) for each treatment ($p > 0.05$). However, with iron levels of ($7.42 \pm 0.09 - 28.20 \pm 0.96$) and vitamin A of ($< 0.50 \pm 0.00 - 7.19 \pm 1.45$), the cassava flour was significantly different ($p < 0.05$). An application of fortified cassava flour fortified in flakes product resulted no significant difference in vitamin A amount ($13.23 \pm 4.24 - 14.66 \pm 0.97$) and color

DOI: <http://doi.org/10.22146/agritech.39522>

ISSN 0216-0455 (Print), ISSN 2527-3825 (Online)

product ($28.29 \pm 0.62 - 30.08 \pm 0.97$) ($p > 0.05$). Furthermore, level of iron and vitamin A in flakes was increased, positively correlated with fortificant concentration. Fortification with combined treatment (vitamin A and iron) reduced bioaccessibility of vitamin A (51.24 ± 1.32), but significantly improved bioaccessibility of iron (77.69 ± 1.45). Based on organoleptic test, all fortified flakes were acceptable ± 5 (rather preferred) to be consumed .

Keywords: Cassava flour; flakes; fortification; iron; vitamin A

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara sedang berkembang yang masyarakatnya banyak mengalami kekurangan zat gizi mikro seperti yodium, zat besi, vitamin A dan seng (WHO, 2002). WHO (2006) juga menyatakan bahwa sepersepuluh total angka kematian di negara yang sedang berkembang disebabkan oleh permasalahan tersebut, terutama vitamin A dan zat besi. Sebanyak 1,7% dari 12.760 penderita seroftalmia di Indonesia disebabkan oleh defisiensi vitamin A (WHO, 2006). Data DEPKES (2012) juga menunjukkan bahwa defisiensi vitamin A pada balita sebesar 0,13% di 10 kota pada 10 provinsi dan angka kejadian anemia gizi besi (AGB) pada anak balita sekitar 40 - 45% (Windiausti, 2012). Data-data tersebut menunjukkan bahwa usia balita merupakan usia yang sangat rentan menderita seroftalmia maupun anemia.

Defisiensi vitamin A dan zat besi dapat diatasi melalui fortifikasi zat gizi mikro pada produk pangan (WHO, 2001; BPOM, 2004). Fortifikan vitamin A umumnya berbentuk retinil palmitat karena lebih stabil dalam pemanasan (Allen dkk., 2006), sedangkan zat besi berupa senyawa fero sulfat yang larut air, ekonomis, serta memiliki bioavailabilitas yang tinggi di dalam tubuh (WHO, 2001 ; Akhtar dkk., 2011). Permasalahan yang muncul adalah adanya interaksi negatif fortifikan terhadap karakteristik bahan pangan (Layrisse dkk., 2000; Nieves dkk., 2003). Salah satu cara untuk mencegahnya yaitu dengan menggunakan metode enkapsulasi (Gonnet dkk., 2010; Mao dkk., 2010; Silva dkk., 2012) menggunakan tepung sebagai bahan pembawa (Lynch, 2004). Salah satu jenis pangan olahan yang berbahan dasar tepung dan disukai oleh anak – anak adalah *flakes*. *Flakes* umumnya terbuat dari tepung jagung dan gandum, akan tetapi bahan lokal seperti tepung ubi kayu sangat berpotensi untuk dijadikan *flakes* karena mempunyai kandungan karbohidrat yang cukup tinggi yakni 34,70 g per 100 g bahan (Jisha dkk., 2008). Kelemahan tepung ubi kayu dibandingkan dengan tepung lainnya adalah kurangnya kadar mikronutrien seperti vitamin dan mineral (Julie dkk., 2009). Oleh sebab itu, penelitian mengenai penambahan fortifikan vitamin A dan zat besi dalam *flakes* ubi kayu sangat diperlukan.

Beberapa penelitian mengenai fortifikasi zat besi dan vitamin A yang dienkapsulasi pada beberapa produk pangan ternyata dapat mempertahankan kestabilan, meningkatkan bioavailabilitas dan penerimaan produk secara sensori (Azzam, 2009; Zimmerman dkk., 2004; Oktavianari, 2014; Wulandari, 2014). Azzam (2009) menyatakan bahwa fortifikan fero sulfat yang dienkapsulasi pada yogurt bersifat stabil dan tidak mengubah kualitas sensori (rasa, aroma maupun warna), sedangkan fortifikan fero sulfat yang tidak dienkapsulasi mempengaruhi rasa yogurt. Fortifikasi mikroenkapsulat zat besi, yodium dan vitamin A secara tunggal pada garam juga bersifat stabil dan tidak mengubah warna garam (Zimmerman dkk., 2004). Kedua penelitian tersebut hanya memberikan fortifikan secara tunggal, padahal banyak jenis mikronutrien yang diperlukan oleh tubuh.

Adapun penelitian mengenai fortifikasi pada *flakes* tepung ubi kayu menunjukkan bahwa enkapsulat vitamin A memiliki bioaksesabilitas yang tinggi (sebesar 66,67%) dan bersifat stabil (Oktavianari, 2014), sedangkan enkapsulat fero sulfat memiliki bioaksesabilitas sebesar 49,65 % (Wulandari, 2014). Pada penelitian tersebut fortifikasi dilakukan langsung ke dalam produk *flakes* dan tidak dilakukan kombinasi antara vitamin A dan zat besi. Menurut Layrisse dkk. (2000), fortifikasi vitamin A dan zat besi secara bersamaan diketahui dapat meningkatkan penyerapan zat besi pada beras, gandum dan jagung. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh vitamin A, zat besi, derajat putih maupun kadar air pada tepung ubi kayu yang difortifikasi dengan vitamin A secara tunggal atau yang ditambahkan dengan zat besi terenkapsulasi serta melihat pengaruh vitamin A, zat besi, bioaksesabilitas, warna, kerenyahan dan organoleptik *flakes* yang terbuat dari tepung ubi kayu yang telah difortifikasi.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Merck, Jerman), retinil palmitat (SIGMA, Jerman), minyak jagung, air, *tween* 80 (Merck, Jerman), maltodekstrin, tepung *whey protein*, dan tepung ubi kayu varietas Adira-1.

Alat

Peralatan utama yang digunakan adalah *High Pressure Homogenizer* (HPH) (Gera Niro Soavi, Italia), *magnetic stirrer, ultra turax* (IKA, T25D, Jerman), pengering semprot (*spray dryer*) (Lab Plant, SD-05, USA), *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) (Shimadzu, AA-7000, Jepang), *Ultra Performance Liquid Chromatography* (UPLC) (Acquity Waters, H Series, Singapura) dengan detektor UV Vis, spektrofotometer (Agilent technologies, Cary 60 UV-VIS, USA), *chromameter* (Minolta, CR-300, Jepang), dan *texture analyzer* (Brookfield, CT3, USA).

Metode

Enkapsulasi Vitamin A dan Zat Besi

Pembuatan fortifikan vitamin A berbentuk nanoemulsi dengan mencampurkan retinil palmitat : *tween* 80 : minyak jagung : air (0,03% : 2,97% : 3% : 94%) dari total bahan (Yuliani dkk., 2014). Kemudian dihomogenisasi dengan *High Pressure Homogenizer* (HPH) (500 bar, 10 siklus). Nanoemulsi kemudian dicampurkan dengan bahan penyalut dengan perbandingan nanoemulsi : *whey protein* : maltodekstrin (80% : 8% : 12%). Pembuatan fortifikan FeSO₄.7H₂O terenkapsulasi dilakukan dengan langsung mencampurkan FeSO₄.7H₂O : *whey protein* : maltodekstrin : air (0,1% : 12% : 8% : 79,9%) (Yuliani dkk., 2014). Masing-masing emulsi diproses pada pengering semprot dengan suhu inlet 170 °C dan laju alir ±23 mL/menit. Kadar vitamin A yang terdapat pada enkapsulat vitamin A yaitu sebesar 225 mg/kg bahan dan kadar zat besi yang terdapat pada enkapsulat zat besi yaitu sebanyak 55 mg/kg bahan.

Fortifikasi Tepung Ubi Kayu

Ubi kayu varietas Adira 1 dikupas, dicuci dan dimasukkan ke dalam mesin pemotong sehingga ukurannya lebih kecil. Kemudian dimasukkan ke dalam *cabinet dryer* sampai kadar airnya ±10%. Selanjutnya digiling dan disaring dengan ayakan 100 mesh. Tepung ubi kayu ditambahkan fortifikan sesuai perlakuan. Jumlah fortifikan yang ditambahkan pada tepung ubi kayu mengacu kepada standar fortifikasi yang dikeluarkan oleh The Micronutrient Initiative (2004) yakni fortifikasi vitamin A (retinil palmitat) sebanyak 5,6 mg/kg dan zat besi (fero sulfat) 31 mg/kg. Perlakuan pada penelitian ini yaitu penambahan zat besi (FeSO₄.7H₂O) dan vitamin A berdasarkan konsentrasi yaitu : 1) Kontrol (tanpa fortifikasi); 2) Retinil palmitat terenkapsulasi 5,6 mg/kg tepung; 3) Retinil palmitat 5,6 mg/kg tepung +

FeSO₄.7H₂O terenkapsulasi 31 mg/kg tepung. Untuk mengetahui karakteristiknya, tepung ubi kayu diuji kadar air (AOAC, 2012), derajat putih (Altan dkk., 2008), vitamin A (AOAC, 2005), dan zat besi (AOAC, 2012).

Derajat Putih

Derajat putih pada tepung diukur dengan menggunakan instrumen *chromameter* (Minolta, CR-300, USA). Warna diukur pada permukaan tepung menggunakan Hunter Lab [L= 0 (hitam) 100 (putih); a = -60 (Hijau) sampai +60 (merah); dan b= -60 (Biru) untuk +60 (Kuning)].

Kadar Vitamin A

Kadar vitamin A (retinil palmitat) diukur menggunakan UPLC (*Ultra Performance Liquid Chromatography*) dengan detektor UV Vis. Sebanyak 1,5 g sampel ditambah dengan 10 mL etanol dan 2,5 mL KOH 50% dimasukkan ke dalam *waterbath* (suhu 80 °C selama 90 menit), didinginkan sampai suhu kamar, ditambah dengan asam asetat glasial sebanyak 2,5 mL dan didinginkan kembali sampai suhu kamar kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL. Larutan ditambahkan etanol : tetra hidro furan (1:1) sampai 25 mL, dihomogenkan dan didiamkan semalam. Kemudian larutan disaring dan diinjeksikan ke UPLC dengan fase gerak metanol : air (90 : 10), *flow rate* 0,1 mL/menit, panjang gelombang 325 nm dan kolom jenis Aquity Waters UPLC BEH C18 1,7 µm 2,0 x 50 mm yang dilengkapi *pre-column* Van Guard C18 1,7 µm 2,0 x 50 mm. Suhu kolom diatur pada 30 °C dan volume 1 µL. Konsentrasi retinil palmitat dihitung dengan Persamaan 1.

$$\text{Kadar vitamin A (mg/1000 g)} = \frac{\text{Konsentrasi vit A sampel}}{\text{Jumlah sampel (g)}} \times \text{Pengenceran (mL)} \quad (1)$$

Kandungan Zat Besi

Kandungan zat besi diukur dengan menggunakan metode spektroskopi serapan atom (AAS) melalui pengabuan kering dengan memakai 5 g sampel, volume sampel sebelum pengenceran sebanyak 1 mL dan pengenceran sebanyak 100 mL. Konsentrasinya dihitung berdasarkan kurva absorbansi adisi standar. Adapun nilai konsentrasinya dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$\text{Kadar zat besi (mg/1000 g)} = \frac{\text{konsentrasi pada AAS} \times 1 \text{ mL} \times 100 \text{ mL}}{5 \text{ g}} \quad (2)$$

Pembuatan Flakes dari Tepung Ubi Kayu Terfortifikasi

Pembuatan *flakes* menggunakan metode Yuliani dkk. (2014) dengan mencampurkan tepung ubi kayu

dengan garam, gula, *butter*, *baking powder*, kuning telur, coklat bubuk, coklat blok, susu bubuk, maltodekstrin, dan air. Adonan (ketebalan 0,8 mm) dipotong sesuai bentuk yang diinginkan dan dipanggang 5 menit dalam oven pada suhu 150 °C atau hingga kering. Untuk mengetahui karakteristiknya, *flakes* diuji kadar vitamin A (AOAC, 2005), zat besi (AOAC, 2012), bioaksesibilitas vitamin A dan zat besi (Courraud dkk., 2013; Cilla dkk., 2009), tekstur (Altan dkk., 2008), warna (Altan dkk., 2008) dan uji hedonik (Stefanowicz, 2013).

Pengujian Bioaksesibilitas

Sebanyak 4 g bahan dihancurkan dan ditambahkan dengan menambahkan 1 mL α -amilase 3 % dan 14 mL akuabides. Lalu diinkubasi pada inkubator bergoyang (suhu 37 °C selama 30 menit) kemudian ditambah HCl 6 M sampai pH 2,0. Setelah itu larutan ditambahkan larutan pepsin 0,32 mL (16 g dalam 100 mL HCl 0,1 N), ditepatkan sampai 50 g dengan *cell culture grade water* (*demineralized water*) (Aqua B Braun; Braun Medical Barcelona, Spain) dan diinkubasi pada inkubator bergoyang (suhu 37 °C pada kecepatan 100 rpm selama 2 jam). Larutan diletakkan pada penangas es selama 10 menit dan pH diatur menjadi 6,5 dengan menambahkan NaHCO_3 1M. Sebanyak 0,015 g pankreatin dan 0,009 g *bile salt* dengan konsentrasi 4 g/L dilarutkan pada *buffer phospat* dan kemudian dilakukan pencampuran dengan sampel. Campuran tersebut lalu diinkubasi pada inkubator bergoyang dengan suhu 37 °C dengan kecepatan 100 rpm selama 2 jam. Proses dihentikan dengan menempatkannya pada penangas es selama 10 menit dan penambahan pH menjadi 7,2 dengan menambahkan 0,5 M NaOH. Selanjutnya 1 mL suspensi sampel dipindahkan ke tabung sentrifus 1,5 mL dan disentrifugasi (kecepatan 3500 rpm pada suhu 4 °C selama 15 menit).

Pengujian Bioaksesibilitas Vitamin A

Pengujian menggunakan supernatan hasil perlakuan *in vitro* (pencernaan enzimatis) sebanyak 1,5 g untuk diuji kadar vitamin A dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 325 nm. Bioaksesibilitas vitamin A dihitung sebagai hasil jumlah vitamin A setelah melewati perlakuan pencernaan enzimatis dibagi dengan jumlah vitamin A yang terdapat pada *flakes*.

Pengujian Bioaksesibilitas Fe

Pengujian menggunakan supernatan hasil perlakuan *in vitro* (pencernaan enzimatis) untuk diuji zat besi dengan metode spektroskopi serapan atom (AAS) melalui pengabuan kering. Bioaksesibilitas zat besi

dihitung sebagai hasil jumlah zat besi setelah melewati perlakuan pencernaan enzimatis dibagi dengan jumlah zat besi yang terdapat pada *flakes*.

Uji Tekstur

Uji tekstur *flakes* diukur dengan alat *texture analyzer* menggunakan 3 titik uji dengan kecepatan 2 mm/s dan jarak antara produk dan *probe* adalah 22 mm.

Uji Hedonik

Uji hedonik panelis tidak terlatih sebanyak 70 orang mengisi kuisisioner yang telah disiapkan. Panelis akan mengisi kuisisioner dengan menilai penampakan keseluruhan *flakes* (warna, aroma, kekerasan, dan rasa), dengan 7 poin skala kesukaan 1-7 (1=Sangat tidak suka, 2=Tidak suka, 3=Agak tidak suka, 4=Netral, 5=Agak suka, 6=Suka, 7=Sangat suka).

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap satu faktor dengan tiga kali ulangan. Faktor tersebut yaitu penambahan jumlah fortifikan zat besi ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) dan vitamin A (retinil palmitat) pada tepung meliputi: 1) Kontrol; 2) Retinil palmitat terenkapsulasi 5,6 mg/kg tepung; 3) Retinil palmitat 5,6 mg/kg tepung + $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ terenkapsulasi 31 mg/kg tepung. Fortifikasi dilakukan pada tepung ubi kayu dan kemudian diolah menjadi produk *flakes*.

Analisis Statistik

Nilai yang tertera pada hasil merupakan nilai rata-rata (3 kali ulangan) \pm standar deviasi. Data yang diperoleh pada masing – masing perlakuan diolah dengan SPSS versi 22.0 untuk analisis sidik ragam (ANOVA). Untuk menguji beda antar perlakuan dilakukan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada $\alpha = 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tepung Ubi Kayu Terfortifikasi

Fortifikan vitamin A dan zat besi terenkapsulasi yang dipakai berbentuk serbuk berwarna kecoklatan dan dapat langsung ditambahkan ke dalam tepung ubi kayu. Enkapsulasi fortifikan menggunakan maltodekstrin dan *whey protein* yang memiliki sifat hidroskopis (Khasanah dkk., 2015) akan tetapi tidak mempengaruhi kadar air tepung ubi kayu secara signifikan ($p > 0,05$). Hasil penelitian menunjukkan kadar air tepung ubi kayu antara $10,09 \pm 0,24\%$ sampai $10,71 \pm 1,76\%$, sedangkan

menurut Jisha dkk. (2008) kadar air tepung ubi kayu adalah 11,9%. Perbedaan angka tersebut dipengaruhi oleh teknik pengeringan tepung dan interaksinya dengan lingkungan.

Fortifikan vitamin A dan zat besi yang digunakan berwarna kecoklatan. Warna kecoklatan pada fortifikan terenkapsulasi berasal dari bahan enkapsulat *whey protein* yang berwarna kuning kecoklatan. Akan tetapi, penambahan fortifikan tidak mempengaruhi hasil derajat putih pada tepung ubi kayu. Tepung ubi kayu yang difortifikasi mempunyai hasil yang hampir sama dengan tepung ubi kayu tanpa fortifikasi. Hal ini disebabkan oleh penambahan jumlah fortifikan dalam jumlah sedikit. Nilai maksimal dari derajat putih adalah 100% (Altan dkk., 2014), semakin rendah nilai derajat putih maka warna tepung akan semakin tidak cerah. Nilai derajat putih pada semua formulasi berkisar antara 98,11±0,13% sampai 98,85±0,12%. Menurut Jisha dkk. (2008) Nilai derajat putih tepung ubi kayu minimal 85%. Oleh sebab itu nilai derajat putih pada semua formulasi masih memenuhi standar minimal tepung ubi kayu.

Hasil sidik ragam pada pengujian vitamin A dan zat besi menunjukkan hasil berbeda nyata ($p < 0,05$) pada masing-masing perlakuan. Tabel 1 memperlihatkan bahwa kadar vitamin A tidak terdeteksi pada kontrol, sedangkan kadar zat besi terdeteksi sebanyak 7,42±0,09 mg/kg. Menurut Jisha dkk. (2008) pada tepung ubi kayu tidak terdapat vitamin A atau jumlahnya sangat sedikit sedangkan kadar zat besi pada tepung ubi kayu sebesar 6 mg/kg. Penambahan fortifikan pada perlakuan secara signifikan juga meningkatkan kandungan vitamin A dan zat besi pada tepung ubi kayu. Perlakuan fortifikasi vitamin A memiliki hasil antara 5,29±0,42 mg/kg sampai 7,19±1,45 mg/kg sedangkan perlakuan fortifikasi zat besi sebanyak 31 mg/kg memiliki hasil 28,20±0,96 mg/kg. Pada tepung ubi kayu dengan fortifikasi vitamin A dan zat besi terjadi peningkatan kadar vitamin A

walaupun tidak signifikan. Hasil kadar vitamin A dan zat besi ini masih sama dengan jumlah fortifikan yang ditambahkan.

Karakteristik Flakes

Kadar zat besi, vitamin A, dan bioaksesibilitas flakes ubi kayu

Zat besi merupakan salah satu senyawa yang difortifikasi ke dalam *flakes*. Hasil sidik ragam menunjukkan perlakuan fortifikasi ganda (vitamin A dan zat besi) memiliki hasil berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan perlakuan lainnya (Tabel 2). Hal ini diduga karena penambahan zat besi di dalam perlakuan sebanyak 31 mg/kg, walaupun pada pengujian dengan menggunakan AAS pada *flakes* terdapat 40,13±1,61 mg/kg. Perbedaan hasil ini disebabkan oleh adanya kandungan zat besi pada *flakes* yang tidak difortifikasi sebesar 7,75±1,69 mg/kg. Pada perlakuan yang tidak diberi fortifikasi zat besi, kadar zat besi berasal dari bahan pembuatan *flakes* yaitu tepung ubi kayu, telur, bahan-bahan lainnya yang mengandung zat besi. Menurut Astuti dkk. (2014) keberadaan vitamin A yang difortifikasi bersamaan dengan zat besi dapat meningkatkan stabilitas keberadaan zat besi pada tempe. Disamping itu, menurut Gonnet dkk. (2010) temperatur atau suhu pada saat pemanggangan menjadi faktor utama mekanisme pelepasan senyawa dari dalam bahan penyalutnya. Akan tetapi bahan penyalut maltodekstrin dan whey protein mempunyai ketahanan suhu yang cukup tinggi (Margarida, 2011), disamping itu pemanggangan dalam waktu singkat (15 menit) masih belum maksimal untuk menghancurkan penyalut (Jafari dkk., 2008).

Hasil pengujian vitamin A pada Tabel 2 menunjukkan tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) antar perlakuan. Jumlah vitamin A pada perlakuan yang difortifikasi dengan 5,6

Tabel 1. Kadar air, derajat putih, vitamin A, dan zat besi tepung ubi kayu

Perlakuan	Kadar air (%)	Derajat putih (%)	Vitamin A (mg/kg)	Zat besi (mg/kg)
Tepung ubi kayu	10,09±0,24 ^a	98,85±0,12 ^a	<0,50±0,00	7,42±0,09 ^a
Tepung ubi kayu + 5,6 mg/kg retinil palmitat terenkapsulasi	10,23±0,16 ^a	98,60±0,07 ^a	5,29±0,42 ^a	8,81±2,04 ^a
Tepung ubi kayu + 5,6 mg/kg retinil palmitat terenkapsulasi + 31 mg/kg FeSO ₄ ·7H ₂ O terenkapsulasi	10,71±1,76 ^a	98,11±0,13 ^a	7,19±1,45 ^a	28,20±0,96 ^b

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan).

mg/kg retinil palmitat adalah $13,23 \pm 4,24$ mg/kg dan $14,66 \pm 0,97$ mg/kg. Perbedaan jumlah ini dikarenakan adanya vitamin A yang ada pada produk sebelum ditambah dengan fortifikan. Vitamin A pada produk *flakes* berasal dari bahan baku pembuatan *flakes* seperti kuning telur, coklat blok, dan susu bubuk.

Pada pengujian bioaksesabilitas vitamin A memperlihatkan bahwa perlakuan fortifikasi vitamin A secara tunggal memiliki hasil berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan perlakuan yang lainnya. Setelah melewati sistem pencernaan, jumlah vitamin A akan berkurang walaupun tidak terlalu besar. Persentase bioaksesabilitas pada vitamin A sebesar $51,24 \pm 1,32\%$. Menurut Courraud dkk. (2013) retinil palmitat setelah melewati sistem pencernaan akan berkurang sebanyak 48%. Hal ini dikarenakan retinil palmitat mempunyai ketahanan yang cukup baik pada pH asam maupun basa di dalam tubuh (Herrero dkk., 2008). Perlakuan fortifikasi vitamin A yang difortifikasi dengan zat besi menghasilkan persentase bioaksesabilitas yang sama dengan perlakuan yang tidak difortifikasi. Hasil bioaksesabilitas menunjukkan bahwa pemberian fortifikasi ganda (vitamin A dan zat besi terenkapsulasi) pada *flakes* tidak berpengaruh terhadap efektifitas ketersediaan vitamin A setelah melewati perlakuan pH asam maupun basa yang dikondisikan seperti pada tubuh. Pinkaew dkk. (2013) dan Suharno dkk. (1993) menyatakan bahwa vitamin A dan zat besi akan menghasilkan reaksi oksidasi yang dapat mengurangi jumlah penyerapan vitamin A di dalam tubuh. Sehingga hasil bioaksesabilitas menunjukkan pemberian enkapsulasi pada masing-masing fortifikan dapat meminimalisir pengurangan jumlah vitamin A yang dapat diserap oleh tubuh.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil sidik ragam pengujian bioaksesabilitas zat besi pada masing-masing perlakuan berbeda nyata ($p < 0,05$). Pada perlakuan yang ditambahkan dengan fero sulfat terenkapsulasi mempunyai hasil persentase bioaksesabilitas yang tinggi

yaitu $77,69 \pm 1,45\%$. Menurut Wulandari (2014) fortifikasi zat besi secara tunggal pada *flakes* memberikan hasil persentase bioaksesabilitas sebesar 49,65%. Adanya vitamin A yang difortifikasi bersamaan dengan zat besi menghasilkan efek yang sinergis dengan ketersediaan zat besi di dalam tubuh (Pinkaew dkk., 2013). Walzcyk dkk. (2003) menyatakan bahwa tidak ada efek negatif pada zat besi yang dikonsumsi bersamaan dengan suplementasi vitamin A.

Karakteristik warna dan tekstur *flakes*

Warna dan tekstur merupakan salah satu faktor uji fisik yang paling penting dalam produk pangan. Rahayuning dkk. (2004) menyebutkan bahwa tekstur atau tingkat kerenyahan menjadi salah satu karakter penting yang harus dimiliki oleh *flakes*. Uji fisik *flakes* dapat dilihat pada Tabel 3. Pengujian karakteristik fisik *flakes* yang dilakukan melalui uji warna memperlihatkan hasil sidik ragam yang berbeda nyata pada masing-masing produk ($p < 0,05$). Secara visual semua perlakuan produk *flakes* mempunyai warna kecoklatan. Akan tetapi jika diukur dengan menggunakan *chromameter* angka yang dihasilkan akan berbeda. Menurut Tolvaj dan Misui (2009) *hue* untuk warna coklat berada diantara kisaran warna merah dan kuning ($18 - 90^\circ$). Angka yang dihasilkan oleh masing-masing perlakuan masuk ke dalam kisaran angka untuk warna coklat dengan perlakuan menghasilkan nilai warna yang tertinggi yaitu $30,08 \pm 0,97^\circ$. Semakin tinggi nilai derajat warna yang dihasilkan oleh *flakes* maka warna semakin mendekati kekuningan. Berdasarkan hasil penelitian Syed dkk. (2011) penambahan maltodekstrin dalam pembuatan kue menghasilkan warna yang lebih keemasan (kuning), hal ini disebabkan oleh maltodekstrin merupakan polimer glukosa yang mempunyai kadar *dextrose equivalent* (DE) kurang dari 20. Chronakis (1998) juga menyebutkan bahwa maltodekstrin dapat mengurangi reaksi maillard yang menyebabkan produk berwarna

Tabel 2. Kadar vitamin A, zat besi, bioaksesabilitas vitamin A, dan bioaksesabilitas zat besi *flakes* ubi kayu

Perlakuan	Vitamin A (mg/kg)	Bioaksesabilitas vitamin A (%)	Zat besi (mg/kg)	Bioaksesabilitas zat besi (%)
Tepung ubi kayu	$6,13 \pm 0,50^a$	$50,27 \pm 0,43^a$	$7,75 \pm 1,69^a$	$41,13 \pm 0,98^a$
Tepung ubi kayu + 5,6 mg/kg retinil palmitat terenkapsulasi	$13,23 \pm 4,24^b$	$60,90 \pm 3,66^b$	$10,70 \pm 0,46^a$	$56,34 \pm 0,33^b$
Tepung ubi kayu + 5,6 mg/kg retinil palmitat terenkapsulasi + 31 mg/kg $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ terenkapsulasi	$14,66 \pm 0,97^b$	$51,24 \pm 1,32^a$	$40,13 \pm 1,6^b$	$77,69 \pm 1,45^c$

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan).

Tabel 3. Warna dan kekerasan *flakes*

Perlakuan	Warna/hue (°)	Kekerasan (gf)
Tepung ubi kayu	27,51±0,33 ^a	418,67±29,02 ^a
Tepung ubi kayu + 5,6 mg/kg retinil palmitat terenkapsulasi	28,29±0,62 ^a	193,00±68,01 ^a
Tepung ubi kayu + 5,6 mg/kg retinil palmitat terenkapsulasi + 31 mg/kg FeSO ₄ ·7H ₂ O terenkapsulasi	30,08±0,97 ^b	221,83 ±134,08 ^a

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan).

coklat. Perlakuan *flakes* tanpa fortifikasi mempunyai nilai derajat warna yang paling rendah yaitu 27,51±0,33 °. Semakin rendah nilai derajat warna yang dihasilkan oleh *flakes* maka warna semakin coklat (gelap). Warna coklat pada produk berasal dari cokelat bubuk dan cokelat blok yang ditambahkan pada formulasi.

Nilai kekerasan yang diperoleh dari hasil pengukuran berkisar antara 193,00±68,01 gf sampai 237,17±83,55 gf. Pada uji tekstur (kekerasan) didapat hasil sidik ragam yang tidak berbeda nyata ($p>0,05$) antar masing-masing perlakuan. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan fortifikan baik secara tunggal maupun ganda tidak memberikan pengaruh terhadap tekstur dari *flakes*. Menurut Lewicki dkk., (2007) pengukuran kekerasan menggunakan *texture analyzer* dengan teknik kekuatan dan kecepatan dalam pengukuran. Kekerasan pada produk juga dipengaruhi oleh komposisi penyusun produk.

Organoleptik *Flakes*

Pengujian organoleptik dengan hedonik yang dilakukan pada masing-masing parameter perlakuan menunjukkan tidak ada perbedaan nyata ($p>0,05$). Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa pada parameter pengujian warna, aroma, kerenyahan dan rasa skor yang diperoleh rata-rata ±5, Skor rata-rata 5 pada pengujian ini menandakan bahwa rata-rata panelis menilai *flakes* yang dihasilkan pada masing-masing perlakuan agak disukai oleh panelis dan masih dapat diterima oleh panelis. Warna pada *flakes* yang telah difortifikasi maupun yang tidak difortifikasi (kontrol) tidak berbeda nyata. Menurut Rahayuning (2004) panelis menyukai *snack* yang berwarna kecoklatan karena dapat mengekspresikan rasa secara tidak langsung.

Aroma pada *flakes* yang cenderung beraroma khas produk hasil pangangan dan aroma khas coklat banyak disukai oleh panelis. Aroma pada *flakes* berasal dari komposisi bahan *flakes* seperti butter, telur, dan coklat. Menurut Lynch (2004), fero sulfat mempunyai aroma khas besi yang kurang disukai oleh panelis. Pada produk *flakes* yang diberi fortifikasi zat besi aroma khas besi tidak muncul. Hal ini menandakan zat besi pada produk masih terenkapsulasi dengan baik. Menurut Azzam (2009) zat besi yang dienkapsulasi tidak merubah cita rasa maupun aroma pada produk yogurt. Kerenyahan pada *flakes* juga mendapatkan skor yang sama dengan parameter lainnya. Menurut panelis kerenyahan pada *flakes* dinilai sudah baik dan bila dicampurkan dengan susu tidak terlalu cepat rapuh. Maltodekstrin yang ditambahkan pada proses pembuatan *flakes* membuat tekstur *flakes* menjadi rapuh (Anwar, 2002).

Tabel 4. Skor rata-rata hedonik *flakes*

Perlakuan	Skor rata-rata			
	Warna	Aroma	Kerenyahan	Rasa
Tepung ubi kayu	5,6±0,9 ^a	5,4±0,9 ^a	5,6±0,9 ^a	5,3±1,3 ^a
Tepung ubi kayu + 5.6 mg/kg retinil palmitat terenkapsulasi	5,4±1,1 ^a	5,1±1,2 ^a	5,2±1,3 ^a	5,2±1,4 ^a
Tepung ubi kayu + 5.6 mg/kg retinil palmitat terenkapsulasi + 31 mg/kg FeSO ₄ ·7H ₂ O terenkapsulasi	5,4±1,1 ^a	5,3±1,1 ^a	5,5±1,2 ^a	5,4±1,3 ^a

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan). Skala 1-7 (1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak tidak suka, 4 = netral, 5 = agak suka, 6 = suka, 7 = sangat suka)

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa fortifikasi vitamin A secara tunggal maupun yang ditambahkan dengan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ tidak mempengaruhi kadar air dan derajat putih tepung ubi kayu pada masing-masing perlakuan, akan tetapi mempengaruhi kadar zat besi dan vitamin A tepung ubi kayu. Fortifikasi vitamin A yang ditambahkan dengan zat besi pada tepung ubi kayu tidak mempengaruhi keberadaan vitamin A pada tepung ubi kayu dibandingkan dengan kadar vitamin A pada fortifikasi tepung ubi kayu vitamin A secara tunggal. Pengaplikasian tepung ubi kayu terfortifikasi pada pembuatan *flakes* menghasilkan kadar vitamin A dan warna pada *flakes* tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). *Flakes* dengan perlakuan kombinasi (vitamin A dan zat besi) mengurangi persentase bioaksesibilitas vitamin A akan tetapi meningkatkan nilai bioaksesibilitas zat besi secara signifikan. Berdasarkan uji organoleptik, keseluruhan perlakuan masih dapat diterima (agak disukai) oleh panelis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian Bogor yang telah memberi dukungan dana untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, S., Faqir, M., Anjum, dan Anjum, A. (2011). Micronutrient fortification of wheat flour: Recent development and strategies [a review]. *Food Research International* 44: 652–659.
- Allen, L., Benoist, B.D., Dary, O. dan Hurrell, R. (2006). *Guidelines on Food Fortification with Micronutrients*. Geneva. World Health Organization and Food and Agricultural Organization of the United Nations.
- Altan, A., Mccathy, K.L. dan Maskan, M. (2008). Twin-screw extrusion of barley-grape pomace belnds: extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. *Journal of Food Engineering* 89 : 24-32.
- Anwar, E. (2002). Pemanfaatan maltodekstrin dari pati ubi kayu sebagai bahan penyalut tipis tablet. *MAKARA Sains* 6 (1) : 50-54.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. (2005). *Official Methods of Analysis: Vitamins and other nutrients*. Gaithersburg, AOAC International.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. (2012). *Official Methods of Analysis 18th Edition*. Gaithersburg, AOAC International.
- Astuti, R., Aminah, R. dan Syamsianah, A. (2014). Komposisi zat gizi tempe yang difortifikasi zat besi dan vitamin A pada tempe mentah dan matang. *Agritech* 34 (2) : 151-159.
- Azzam, M.A. (2009). Effect of fortification with iron–whey protein complex on quality of yoghurt. *Egyptian Journal of Dairy Science* 37: 55–63.
- [BPOM] Badan Pengawasan Obat dan Makanan. (2004). *Kebijakan dan program direktorat penilaian keamanan pangan*. Buletin POM 06/Tahun III/2004.
- [BPOM] Badan Pengawasan Obat dan Makanan. (2011). *Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia : Nomor HK03.1.23.11.11.09909*. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Chronakis, L.S. (1998). On the molecular characteristics, compositional properties and structural functional mechanisms of maltodextrins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 38(7): 599-637.
- Cilla, A., Maria, J.G.N., Sara, P., Maria, J.L., Reyes, B. dan Rosaura, F. (2009). *In vitro* bioaccessibility of iron and zinc in fortified fruit beverage. *International Journal of Food Science and Technology* 44: 1088-1092.
- Courraud, J., Jacques, B., Jean, P.C. dan Sylvie, A. (2013). Stability and bioaccessibility of different forms of carotenoids and vitamin A during *in vitro* digestion. *Food Chemistry* 136 : 871–877.
- [DEPKES] Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2012. *Profil kesehatan Indonesia 2012*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- M., Lethuaut, L. dan Boury, F. (2010). New trends in encapsulation of liposoluble vitamins. *Journal of Controlled Release*, 146 (3): 276–290.
- Herrero, C., Fernando, B., Lorenzo, G. dan Alonso, O. (2008). Suitability of 3-point versus 7-point postprandial retinyl palmitate AUC in human bioavailability studies. *European Journal of Nutrition* 47: 55–58.
- Jafari., Mahdi, S., Assadpoor. dan Elham. (2008). Surface composition analysis of nano-particle encapsulated powders. *National Congress of Food Technology* 516 :7.
- Jisha, S., Padmaja, G., Moorthy, S.N. dan Rajeshkumar, K. (2008). Pre-treatment effect on the nutritional and functional properties of selected ubi kayu-based composite flours. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9 (4): 587–592.
- Julie, A., Montagnac, Christopher, R., Davis, dan Sherry, A.T. (2009). Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. *Comprehensive Reviews in Food Sciens and Food Savety* 8 : 181-194.
- Khasanah, L.U., Anandhito, B.U., Rachmawaty, T., Utami, U. dan Manuhara, G.J. (2015). Pengaruh rasio bahan penyalut maltodekstrin, *gum arab*, dan susu skim

- terhadap karakteristik fisik dan kimia mikrokapsul oleoresin daun kayu manis (*cinnamomum burmannii*). *Agritech* 35 (4) : 414-421.
- Layrisse., Miguel., Maria, N.G.N., Liseti, S., Maria, A.B., Franklin, A., Daisy, L., Jose, R., Irene, L. dan Elomora, T. (2000). New property of vitamin A and β -carotene on human iron absorption : effect of phytates and polyphenols as inhibitors of iron absorption. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* 50 (3) : 243-248.
- Lewicki, P.P. (1995). Rheological properties of raisins: Part I: compression test. *Journal of Food Engineering* 24 : 321-338.
- Lynch, S.R. (2004). The impact of iron fortification on nutritional anaemia. *Best Practice and Research : Clinical Haematology* 8 (2): 333–346.
- Mao, L.K., Yang, J., Xu, D.X., Yuan, F., dan Gao, Y.X. (2010). Effects of homogenization models and emulsifiers on the physicochemical properties of β -carotene nanoemulsions. *Journal of Dispersion Science and Technology* 31(7): 986–993.
- Margarida, I.N.F.V.P. (2011). *Encapsulation of active compounds : Particle characterization, Loading Efficiency and Stability*. Thesis. Faculdade de engenharia. Universidade do porto.
- Nieves, Maria, G.C., Miguel, L., Juan, P.P.-Rosas., Jose, R., Irene, L. dan Patricia, M. (2003). Iron absorption from elemental iron fortified corn *flakes* in human. role of vitamin A and C. *Nutrition Research* 23: 451–463.
- Oktaviantari, D.K. (2014). *Fortifikasi nanoemulsi vitamin A terenkapsulasi pada flakes berbasis ubi kayu*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor
- Pinkaew, S., Pattanee, W., Richard, F., Hurrell, dan Rita, W. (2013). Extruded rice grains fortified with zinc, iron, and vitamin a increase zinc status of thai school children when incorporated into a school lunch program. *Journal of Nutrition* 143 (3): 362-368.
- Rahayuning, D., Andarwulan, N., Koswara. Dan Sutrisno. (2004). Formulasi *Flakes* triple mix ubi jalar-kecambah kedelai-wheat germ sebagai produk sarapan fungsional untuk anak-anak [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Silva., Daniel, H., Miguel, A.C., Antonio, A., dan Vicente. (2012). Nanoemulsions for food applications: development and characterization. *Food Bioprocess Technology* 5: 854–867.
- Stefanowicz P. (2013). Sensory evaluation of food principles and practices. *Journal of Wine Research* 24 (1): 80-80.
- Suharno, D., West, C.E., Muhilal., Karyadi, D. dan Hautvast, J.G. (1993). Supplementation with vitamin A and iron for nutritional anaemia in pregnant women in West Java, Indonesia. *TheLancet*. 342 : 1352-1358.
- Syed, H.M., Jadhav, B.A. dan Salve, R.V. (2011). Studies on preparation of low calorie cake using pearl millet (bajra) maltodextrin. *Journal of Food Processing and Technology* 2:125.
- Tolvaj, L. dan Misui, K. (2010). Correlation between hue angle and lightness of light irradiated wood. *Polymer Degradation and Stability* 95 : 638-642.
- Wulandari, D.U. (2014). *Fortifikasi mikroenkapsulat zat besi pada cassava flakes*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor.
- Walczyk, T., Davidsson, L., Rossander, L.-Hulthen., Leif, H., dan Richard, F.H. (2003). No enhancing effect of vitamin a on iron absorption in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition* 77: 144–9.
- Windiastruti, E. (2012). Anemia Defisiensi Besi Pada Bayi dan Anak. Indonesian Pediatric Society. <http://idai.or.id/artikel/seputar-kesehatan-anak/anemia-defisiensi-besi-pada-bayi-dan-anak>. [2 Februari 2016].
- [WHO] World Health Organization. (2001). *Iron Deficiency Anaemia Assessment, Prevention, and Control*. A guide for programme managers.
- [WHO] World Health Organization. (2002). *Childhood And Maternal Undernutrition*. The World Health Report.
- [WHO] World Health Organization. (2006). WHO Global Database on Vitamin A Deficiency Vitamin and Mineral Nutrition Information System (VMNIS).
- Yuliani, S., Hoerudin., Harimurti, N., Iriani, E.S., Agustinisari, I., Permana, A.W., Dewandari K.T., Juniawati., Munarso, S.J., Widaningrum, H.M., Hasan, Z.H., Haliza, W., Suryanegara, L., Wahyudiono., Mulyani, E.S., Lestina, P., Irvandy, A., Triyono, M., Haerani, C., Suryadi, R.I.. (2014). *Pengembangan nanoteknologi untuk pangan fungsional, nutrasetikal dan kemasan*, Laporan Akhir Tahun Penelitian DIPA, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Zimmermann, M.B., Wegmueller, R., Zeder, C., Chaouki, N., Biebinger, R., Hurrell, R.F., dan Windhab, E. (2004). Triple fortification of salt with microcapsules of iodine, iron, and vitamin A. *The American Journal of Clinical Nutrition* 80: 1283–1290.