



Fortifikasi Seng (Zn) pada Beras Analog Berbahan Dasar Tepung dan Pati Ubi Ungu

Herry Santosa, Noer Abyor Handayani^{*}), Heri Cahyono, Wiwit Arum, Aprilina Purbasari, Heny Kusumayanti, dan Dessy Ariyanti

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia 50275, Telp. (024)7460058

^{*}Penulis korespondensi: nora@undip.ac.id

Abstract

ZINC FORTIFICATION OF ARTIFICIAL RICE FROM PURPLE SWEET POTATO FLOUR AND STARCH. Zinc deficiency is believed to be as common as that of iron, with equally negatives consequences. Fortification of artificial rice with zinc is a cost-effective method that can be used to solve this problem. In the present study, artificial rice made from purple sweet potatoes flour and starch were evaluated as food vehicles for fortification with zinc. This study consists of four main stages, preparation of flour and starch of purple sweet potatoes, zinc fortification, and artificial rice production. Zinc sulphate and zinc acetate were used as the fortificant, and added at a level 50, 75, 100, and 125 ppm. Artificial rice fortified with zinc has been successfully carried out. Zinc concentrations in fortified artificial rice are higher than unfortified rice. Artificial rice has a porous structure, in order to improve the rehydration capacity.

Keywords: artificial rice; zinc (Zn) fortification; purple sweet potato flour; purple sweet potato starch

Abstrak

Defisiensi seng dipercaya telah meluas dan memiliki pengaruh negatif yang sama dengan defisiensi besi. Fortifikasi seng pada beras analog dipercaya dapat mengatasi permasalahan tersebut. Berdasarkan penelitian dengan variasi penambahan konsentrasi Zn pada beras analog ubi ungu. Penelitian ini menggunakan beras analog yang terbuat dari tepung dan pati ubi ungu sebagai food vehicle. Penelitian ini terdiri dari 4 tahapan utama, pembuatan tepung dan pati ubi ungu, tahap fortifikasi seng, dan proses pembuatan beras analog. Seng sulfat dan seng asetat ditambahkan pada konsentrasi 50, 75, 100, dan 125 ppm. Beras analog terfortifikasi seng memiliki konsentrasi seng yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan beras analog tanpa fortifikasi. Beras analog terfortifikasi seng juga memiliki struktur berpori sehingga dapat meningkatkan kemampuan rehidrasi.

Kata Kunci: beras analog; fortifikasi seng (Zn); pati ubi ungu; tepung ubi ungu

How to Cite This Article: Santosa, H., Handayani, N.A., Cahyono, H., Arum, W., Purbasari, A., Kusumayanti, H., Ariyanti, D., (2016), Fortifikasi Seng (Zn) pada Beras Analog Berbahan Dasar Tepung dan Pati Ubi Ungu, Reaktor, 16(4), 183-188, <http://dx.doi.org/10.14710/reaktor.16.4.183-188>

PENDAHULUAN

Defisiensi mikronutrien (besi, zink, dan vitamin) menyebabkan gangguan pada kesehatan,

pertumbuhan mental, sistem imun, dan sistem reproduksi (Handayani dkk., 2014). Seng (Zn) merupakan salah satu mineral mikronutrien yang

dibutuhkan oleh tubuh, sehingga kekurangan Zn dapat menyebabkan gangguan pada sistem pencernaan, pernafasan dan sistem imunitas (Sampaio dkk., 2013; Salgueiro dkk., 2000). Defisiensi zat gizi mikronutrien mempengaruhi lebih dari setengah populasi dunia terutama di Negara-negara berkembang (Mayer dkk., 2008). Berbagai upaya untuk masalah defisiensi seng telah dilaksanakan, seperti *dietary recommendation*, fortifikasi, dan suplementasi (Akhtar dkk., 2011; Joung dkk., 2004). Fortifikasi dipandang sebagai langkah yang tepat dalam menyelesaikan kasus defisiensi mikronutrien (Reff). Fortifikasi adalah usaha untuk meningkatkan kandungan suatu mikronutrien kedalam pangan (Akhtar dkk., 2011).

Diversifikasi pangan merupakan upaya mengembangkan pangan alternatif untuk mencukupi asupan nutrisi tubuh. Beras analog merupakan salah satu upaya diversifikasi pangan berupa tiruan dari beras yang terbuat dari bahan-bahan seperti umbi-umbian dan sereal yang bentuk maupun komposisi gizinya mirip seperti beras. Khusus untuk komposisi gizinya, beras analog bahkan dapat melebihi apa yang dimiliki beras (Herawati dkk., 2014). Ubi ungu (*Ipomea batatas L.*) adalah salah satu potensi pangan alternatif yang layak untuk dikembangkan (Widodo dkk., 2015; Bovell-benjamin, 2007). Ubi ungu memiliki kandungan gizi yang lebih rendah dibandingkan beras, namun memiliki kandungan asam fitat yang rendah dibandingkan beras padi (Joung dkk., 2004). Asam fitat merupakan senyawa kompleks yang berperan sebagai inhibitor yang mampu menghambat proses penyerapan seng pada organ usus (Handayani dkk., 2014).

Kandungan seng pada beras analog ubi ungu sebesar 42 ppm/100 gr belum mencukupi kebutuhan seng harian yang direkomendasikan oleh Organisasi kesehatan Dunia yaitu 55-100 ppm/100gr (WHO, 2009). Mendasarkan pada hal tersebut maka upaya untuk meningkatkan kandungan seng pada beras analog dengan metode fortifikasi perlu untuk dilakukan.

Beberapa penelitian mengenai fortifikasi Zn pada bahan pangan telah dilakukan. Tripathi dkk. (2012) berhasil melakukan fortifikasi seng kedalam tepung komposit millet dan sorghum. Fortifikasi seng pada beras dengan metode *parboiling* telah berhasil dilakukan oleh Prom-u-thai dkk. (2010). Penentuan senyawa seng sebagai fortifikan merupakan hal yang penting dalam fortifikasi. Hal ini karena fortifikan berkaitan terhadap bioavailabilitas terhadap tubuh manusia (Lazarte dkk., 2015). Beberapa senyawa Zn yang biasa dan umum digunakan sebagai fortifikan yaitu Zn oksida, Zn Sulfat, Zn glukonat, Zn asetat, Zn sitrat, dan Zn orotat (Bertinato dkk., 2012). Pemilihan Zn sulfat dan Zn asetat mendasarkan pada daya bioavailabilitas-nya yang tinggi dengan harga yang terjangkau. Berdasarkan pengetahuan penulis, penelitian mengenai fortifikasi seng pada beras analog belum pernah dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi fortifikan $ZnSO_4$ dan Zn-Asetat terhadap konsentrasi zink yang teridentifikasi dan sifat

fisik (daya rehidrasi) dari produk bubur bayi instan yang dihasilkan. dalam beras analog berbahan dasar tepung ubi ungu dan pati ubi ungu terhadap konsentrasi seng, morfologi dan daya rehidrasi pada beras analog tanpa atau dengan fortifikasi seng. Studi fortifikasi seng pada beras analog ubi ungu diharapkan dapat memberikan manfaat bagi masyarakat sebagai salah satu alternatif solusi yang tepat untuk mengatasi defisiensi seng di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan utama yang digunakan untuk pembuatan tepung dan pati ubi ungu adalah ubi ungu yang diperoleh dari pasar Ambarawa. Fotifikan seng yang digunakan bersumber dari $ZnSO_4$ dan Zn-asetat berlabel Merck. air demineralisasi diperoleh dari Laboratorium Proses Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro.

Pembuatan Tepung Ubi Ungu

Pembuatan tepung ubi ungu dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu pengupasan dan pencucian ubi ungu, penyawutan atau pengirisan ubi hingga tipis agar proses pengeringan dapat berlangsung lebih cepat. Selanjutnya, sawut direndam dalam sodium bisulfat 0,3% selama 1 jam agar warna ubi ungu tetap terjaga. Kemudian, sawut diriskan untuk mengurangi kandungan air lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C selama 12 jam hingga kering. Uji kelembapan dalam oven tidak dilakukan dalam penelitian ini. Sawut yang sudah kering selanjutnya digiling menjadi tepung dan diayak dengan ayakan 80 mesh.

Pembuatan Pati Ubi Ungu

Pembuatan pati ubi ungu dilakukan dengan menyikat ubi yang tidak dikupas, lalu diparut dan diaduk/diperas, kemudian dilakukan penyaringan dan pengendapan. Selanjutnya, endapan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C sampai kering. Pati kemudian digiling dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh.

Fortifikasi Seng (Zn)

Mencampur tepung dan pati ubi jalar ungu dengan perbandingan 80:20 sebanyak 100 gram. Selanjutnya fortifikan Seng ($ZnSO_4$ atau Zn-asetat) dilarutkan dalam air bebas mineral sebanyak 100 ml sehingga didapat perbandingan tepung:air sebesar 1:1. Campuran dimasukkan ke dalam mixer sambil dipanaskan pada suhu 80°C selama 10 menit hingga homogen dan membentuk adonan.

Pembuatan Beras Analog

Hasil pemasakan dimasukan pada alat cetak *cold extrusion* sehingga menghasilkan butiran menyerupai beras. Selanjutnya, dikeringkan pada suhu 100°C selama 120 menit dengan menggunakan oven.

Analisis

Analisis kandungan seng

Analisis seng dilakukan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), tipe Buck 210 VGP.

Analisis seng tidak teridentifikasi

Perhitungan seng tidak teridentifikasi dapat dilakukan dengan merujuk pada Persamaan (1).

$$\text{Seng tidak teridentifikasi} : \frac{(a+b)-c}{(a+b)} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

a : konsentrasi Zn awal ubi ungu (ppm)

b : konsentrasi Zn yang ditambahkan (ppm)

c : konsentrasi Zn yang teridentifikasi (ppm)

Analisis SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Penentuan struktur morfologi beras analog ubi ungu dilakukan dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dengan prosedur sebagai berikut. Mula-mula beras analog ubi ungu dikeringkan terlebih dahulu, kemudian beras analog ubi ungu direndam dalam nitrogen cair selama beberapa detik hingga mengeras. Sebelum dilakukan pemotretan, membran diangkat dan dipatahkan kedua ujungnya dengan pinset. Potongan beras analog ubi ungu ini dilapisi emas murni (*coating*) yang berfungsi sebagai penghantar. Selanjutnya, penampang melintang dan permukaan beras analog ubi ungu difoto dengan perbesaran tertentu.

Analisis daya rehidrasi (Beuchat, 1977)

Sampel sebanyak 1 gram ditambah 10 ml air dan diaduk. Diamkan 30 menit pada suhu kamar. Selanjutnya campuran tersebut disentrifugasi dengan kecepatan 3500 rpm selama 30 menit. Daya rehidrasi dihitung berdasarkan pada Persamaan (2).

$$\text{Daya rehidrasi (ml/g)} = \frac{(A-B)}{C} \quad (2)$$

Keterangan :

A = volume air mula-mula (mL)

B = volume supernatan (mL)

C = bobot sampel (g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Seng pada Beras Analog

Kajian konsentrasi seng pada beras analog sangat diperlukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari tahap fortifikasi. Tabel 1 memperlihatkan hasil analisis seng teridentifikasi pada beras analog ubi ungu.

Dari Tabel 1 diperoleh data konsentrasi seng pada beras analog dengan penambahan jenis fortifikan ZnSO_4 dan Zn-asetat. Secara umum, kadar seng yang terdapat pada beras analog terfortifikasi lebih tinggi dibandingkan dengan beras analog tanpa fortifikan (43 ppm). Berdasarkan Tabel 1, prosentasi seng terendah yang tidak teridentifikasi sebesar 19,45% didapatkan pada penambahan ZnSO_4 75 ppm, serta 4,30% pada penambahan Zn-asetat. Sebaliknya, prosentasi terbesar

seng yang tidak teridentifikasi sebesar 35,71% diperoleh pada pembubuhan ZnSO_4 125 ppm, serta 25,42% pada pembubuhan Zn-asetat. Beras analog dengan fortifikan ZnSO_4 dan Zn-asetat, masing-masing sebesar 125 ppm, memiliki konsentrasi seng terbesar yaitu 108 ppm dan 147 ppm. Mendasarkan pada tingkat prosentasi seng yang tidak teridentifikasi, maka fortifikan Zn-asetat lebih baik bila dibandingkan dengan ZnSO_4 .

Hasil tersebut serupa dengan hasil penelitian fortifikasi seng pada bubur bayi instan yang telah dilakukan oleh Handayani dkk. (2014). Terdapatnya konsentrasi seng yang tidak teridentifikasi dimungkinkan karena adanya sejumlah seng yang berikatan dengan asam fitat yang terdapat dalam ubi jalar (12 mg/100 g) sebagai bahan dasar pembuatan beras analog, sehingga membentuk suatu senyawa kompleks Zn-fitat yang tidak dapat teridentifikasi. Asam fitat merupakan senyawa organik yang terdiri dari 6 senyawa fosfat. Asam fitat termasuk dalam golongan *chelating agent* (senyawa pengikat mineral) yang kuat yang bisa mengikat ion metal divalent membentuk fitat kompleks sehingga mineral seperti Ca, Zn, Cu, Mg dan Fe sehingga tidak dapat diserap oleh tubuh, sehingga membawa dampak yang kurang menguntungkan (Huang dkk., 2013; Ma dkk., 2014; Sandstead dan Freeland-graves 2014).

Penelitian yang dilakukan oleh Joung (2004) mengemukakan bahwa proses pemasakan suatu bahan pangan dapat menurunkan kadar asam fitat. Konsentrasi asam fitat pada ubi mentah sebesar 12 mg/100 g akan menurun menjadi 3,2 mg/100 g setelah proses pengukusan. Namun demikian, asam fitat tetap menjadi ancaman bagi proses penyerapan mineral pada organ tubuh. Rekayasa teknologi yang bertujuan untuk meminimal jumlah ataupun peran fitat perlu dilakukan.

Beras analog yang terbuat dari ubi jalar memiliki kandungan asam fitat yang lebih rendah bila dibandingkan dengan beras padi (954,6 mg/100g). Hal ini mengindikasikan bahwa fortifikasi seng pada beras analog berbahan baku ubi jalar memiliki prosentasi penyerapan seng yang lebih tinggi dibandingkan dengan beras padi (Joung dkk., 2004; Tripathi dan Platel, 2010).

Dampak Fortifikasi Seng pada Beras Analog Ubi Ungu terhadap Standar Kecukupan Gizi

Organisasi Kesehatan Dunia merekomendasikan angka kecukupan seng (Zn) sebesar 55-100 ppm/100g bahan (WHO 2009). Berdasarkan Tabel 1, fortifikasi seng optimum sehingga sesuai dengan rekomendasi WHO adalah penambahan ZnSO_4 sebesar 75 ppm serta Zn-asetat sebesar 50 dan 75 ppm, sehingga menghasilkan beras analog dengan konsentrasi seng berturut-turut 95, 89, dan 88 ppm dalam setiap 100 g bahan. Fortifikasi ZnSO_4 (50, 100, 125 ppm) dan Zn-asetat (100, 125 ppm) pada beras analog menghasilkan konsentrasi seng lebih rendah dan atau lebih tinggi dari rekomendasi yang dikeluarkan oleh WHO.

Tabel 1. Karakterisasi gizi seng pada beras analog ubi jalar ungu

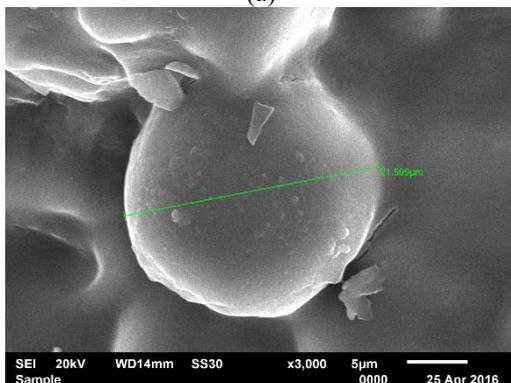
Jenis fortifikan	Penambahan Zn (ppm)	Zn teridentifikasi (ppm)	Zink tidak teridentifikasi (%)
-	Tanpa fortifikan	43	-
ZnSO ₄	50	37	60,21
	75	95	19,45
	100	104	27,27
	125	108	35,71
Zn-Asetat	50	89	4,30
	75	88	25,42
	100	117	18,18
	125	147	12,5



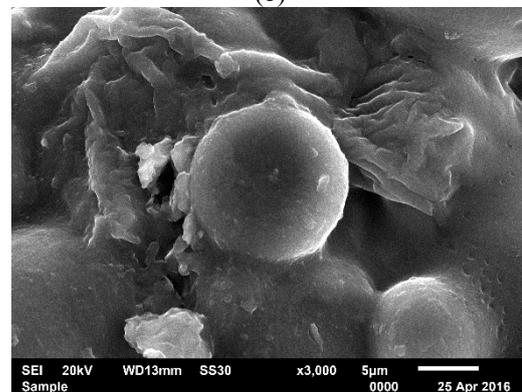
(a)



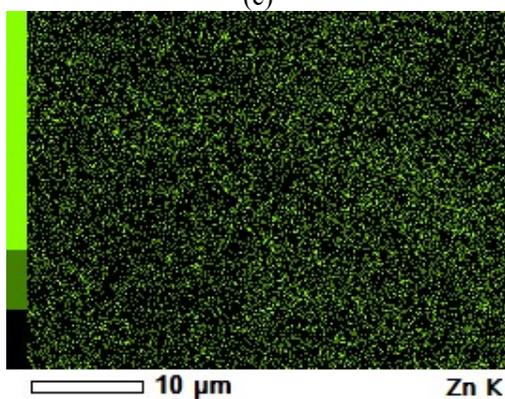
(b)



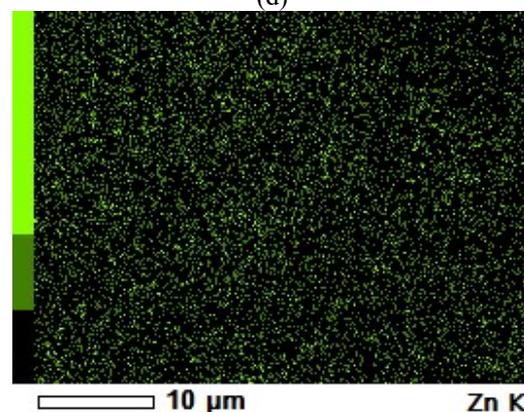
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 1. Penampakan fisik beras analog terfortifikasi ZnSO₄ (a), Zn-asetat (b), penampakan morfologi dengan perbesaran 3000x pada beras analog terfortifikasi terfortifikasi ZnSO₄ (c) dan Zn-asetat (d), Mapping Zn untuk beras analog terfortifikasi ZnSO₄ (e) dan Zn-asetat (f)

Penampakan Morfologi Beras Analog

Berdasarkan Gambar 1(a) dan Gambar 1(b) menunjukkan bahwa kenampakan beras analog ubi ungu terfortifikasi seng tidak ada perbedaan yang berarti. Sedangkan Gambar 1(c) - 1(f) menunjukkan karakterisasi morfologi beras analog terfortifikasi ZnSO₄ dan Zn-asetat menggunakan alat SEM yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive X-Ray (EDX)* yang sering disebut sebagai SEM-EDX. Pada Gambar 1(d) terlihat hasil citra dengan perbesaran 3000 kali pada beras analog terfortifikasi seng memiliki pori-pori yang cukup banyak (*porous*) sehingga hal ini berdampak pada daya rehidrasi beras analog yang tinggi hal ini dikonfirmasi oleh penelitian yang dilakukan oleh Widowati (2010) yang menyatakan bahwa pori-pori pada beras instan yang tinggi akan meningkatkan daya dan mempercepat waktu rehidrasi. Berdasarkan analisis *Mapping of Surface Elements* dengan SEM-EDX pada beras analog terfortifikasi ZnSO₄ dan Zn-asetat (Gambar 1(e) dan 1(f)) menunjukkan hasil bahwa mineral seng yang ditandai oleh titik- titik berwarna hijau pada kedua beras analog terlihat memiliki sebaran yang cukup merata sehingga menjadi indikator keberhasilan fortifikasi seng yang merata pada masing-masing beras analog.

Analisis Daya Rehidrasi Beras Analog Ubi Jalar Ungu

Rehidrasi menunjukkan kemudahan penyerapan air dan kecepatan rekonstitusi (Nugroho dkk., 2006).. Keberhasilan tersajinya beras analog adalah terbukanya pori-pori beras sehingga dapat menyerap air kemudian menjadi masak dan dapat dinikmati sebagai nasi oleh masyarakat. Terbukanya pori-pori beras bergantung pada daya rehidrasi dan waktu rehidrasi. Daya rehidrasi yang tinggi memerlukan jumlah air yang lebih sedikit untuk proses rehidrasinya dibandingkan bahan yang memiliki daya rehidrasi yang rendah. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya rehidrasi suatu produk instan adalah jenis bahan dasar dan komposisi kimianya (Fitzpatrick dkk., 2016).

Proses perendaman dan proses pengeringan bahan dapat mempengaruhi daya rehidrasi produk yang dihasilkan (Handayani dkk., 2014). Perendaman dilakukan untuk mendapatkan struktur fisik produk yang lebih *porous* atau berpori sehingga penyerapan akan lebih cepat. Pada penelitian ini, proses perendaman dilakukan dengan menambahkan air bebas mineral kedalam beras analog ubi jalar ungu dengan perbandingan 1:1. Proses pengeringan yang dilakukan dengan cepat akan menghasilkan produk yang memiliki kualitas tinggi. Proses pengeringan yang baik dan cepat akan menghasilkan struktur *porous* yang akan memudahkan air untuk meresap kedalam bahan (Handayani dkk., 2014).

Tabel 2 menunjukkan nilai daya rehidrasi dari beras analog terfortifikasi ZnSO₄ dan Zn-asetat. Nilai daya rehidrasi berkisar pada 1,3-1,7 ml/g. Daya rehidrasi tertinggi sebesar 1,7 ml/g dan 1,6 ml/g dicapai berturut-turut pada penambahan ZnSO₄ 75 ppm dan

Zn-asetat 125 ppm. Hal yang sama juga ditunjukkan nilai daya rehidrasi beras analog dengan penambahan Zn-Asetat. Daya rehidrasi terendah sebesar 1,3 ml/g dan 1,4 ml/g diperoleh berturut-turut pada variabel penambahan ZnSO₄ 100 ppm dan Zn-asetat 50 ppm. Apabila dibandingkan dengan beras analog yang tanpa fortifikasi, memiliki daya rehidrasi yang lebih rendah sebesar 1,3 ml/g, dibandingkan dengan beras analog terfortifikasi seng. Hal ini dikonfirmasi oleh penelitian yang dilakukan Handayani dkk. (2014) adanya fortifikasi zink pada bubur bayi instan dapat meningkatkan daya rehidrasi bila dibandingkan dengan bubur bayi instan tanpa fortifikan.

Tabel 2. Daya rehidrasi beras analog ubi jalar ungu

Jenis fortifikan	Penambahan Zn (ppm)	Daya rehidrasi (ml/g)
Tanpa fortifikan ZnSO ₄	-	1,3
	50	1,5
	75	1,7
	100	1,4
	125	1,5
Zn-Asetat	50	1,3
	75	1,4
	100	1,3
	125	1,6

KESIMPULAN

Fortifikasi seng pada beras analog berbahan dasar ubi ungu telah berhasil dilakukan. Berdasarkan tingkat prosentasi seng yang tidak teridentifikasi, maka fortifikan Zn-asetat lebih baik bila dibandingkan dengan ZnSO₄. Morfologi beras analog, menunjukkan bahwa permukaan beras analog bersifat porous. Daya rehidrasi beras analog terfortifikasi seng lebih tinggi bila dibandingkan dengan daya rehidrasi beras analog tidak terfortifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Dinas Pendidikan Provinsi Jawa Tengah Tahun Anggaran 2015 yang telah membiayai penelitian ini melalui Program Fasilitasi Perguruan Tinggi Dinas Pendidikan Provinsi Jawa Tengah dengan skim penelitian Dosen Muda

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, S., Anjum, F.M., and Anjum, M.A., (2011), Micronutrient Fortification of Wheat Flour: Recent Development and Strategies, *Food Research International*, 44(3), pp. 652-659.
- Bertinato, J., Sherrard, L., and Plouffe, L.J., (2012), EDTA Disodium Zinc has Superior Bioavailability Compared to Common Inorganic or Chelated Zinc Compounds in Rats Fed a High Phytic Acid Diet. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 26(4), pp. 227-233.

- Beuchat, L.R., (1977), Functional and Electrophoretic Characteristic of Succinylated Peanut Flour Protein, *J. Agricultural Food Chemistry*, 25, pp. 258-261.
- Bovell-benjamin, A.C., (2007), Sweet Potato : A Review of Its Past, Present, and Future Role in Human Nutrition, *Advances In Food and Nutrition Research*, 52(06).
- Fitzpatrick, J.J., Lauwe, A. Van, Coursol, M., Brien, A.O., and Fitzpatrick, K.L., (2016), Investigation of the Rehydration Behaviour of Food Powders by Comparing the Behaviour of Twelve Powders with Different Properties, *Powder Technology*, 297, pp. 340–348.
- Handayani, N.A., Santosa, H., dan Kusumayanti, H., (2014), Fortifikasi Inorganik Zink pada Tepung Ubi Jalar Ungu sebagai Bahan Baku Bubur Bayi Instan, *Reaktor*, 15(2), hal. 111-116.
- Herawat, H., Kusnandar, F., Adawiyah, D.R., Budijanto, S., and Sha, M., (2014), Thermochimica Acta Thermal Characteristics and State Diagram of Extruded Instant Artificial Rice, *Thermochimica Acta*, 593, pp. 50–57.
- Huang, Y.L., Lu, L., Xie, J.J., Li, S.F., Li, X.L., Liu, S.B., Zhang, L.Y., Xi, L., and Luo, X.G., (2013), Relative Bioavailabilities of Organic Zinc Sources with Different Chelation Strengths for Broilers Fed Diets with Low or High Phytate Content, *Animal Feed*, 179, pp.144–148.
- Joung, H., Nam, G., Yoon, S., Lee, J., Shim, J.E., and Paik, H.Y., (2004), Bioavailable Zinc Intake of Korean Adults in Relation to The Phytate Content of Korean Foods, *Journal of Food Composition And Analysis*, 17, pp.713–724.
- Lazarte, C.E., Carlsson, N.G., Almgren, A., Sandberg, A.S., and Granfeldt, Y., (2015), Phytate, Zinc, Iron and Calcium Content of Common Bolivian Food, and Implications for Mineral Bioavailability, *Journal of Food Composition and Analysis*, 39, pp. 111-119.
- Ma, R., Hou, H., Mai, K., Bharadwaj, A.S., Ji, F., and Zhang, W., (2014), Comparative Study on the Bioavailability of Chelated or Inorganic Zinc in Diets Containing Tricalcium Phosphate and Phytate to Turbot (*Scophthalmus maximus*), *Aquaculture*, 420, pp. 187-192.
- Mayer, J.E., Pfeiffer, W.H., and Beyer, P., (2008), Biofortified Crops to Alleviate Micronutrient Malnutrition, *Current Opinion in Plant Biology*, 11, pp.166–170.
- Nugroho, E.S., Tamaroh, S., dan Setyowati A., (2006), Pengaruh Konsentrasi Gum Arab dan Dekstrin terhadap Sifat Fisik dan Tingkat Kesukaan Temulawak (*Curcuma Xanthorrhiza* Roxb) Madu Instan, *LOGIKA*, 3(2), hal. 78-86.
- Prom-u-thai, C., Rerkasem, B., Cakmak, I., and Huang, L., (2010), Zinc Fortification of Whole Rice Grain through Parboiling Process, *Food Chemistry*, 120(3), pp. 858–863.
- Salgueiro, M.J., Zubillaga, M., Lysionek, A., Sarabia, M. I., Caro, R., De Paoli, T., and Boccio, J., (2000). Zinc as an Essential Micronutrient: A Review, *Nutrition Research*, 20(5), pp. 737-755.
- Sampaio, D.L.B., Mattos, ÂP De, Cristina, T., Ribeiro, M., Efigênia, M., Leite, D.Q., (2013), Zinc and other Micronutrients Supplementation through the Use of Sprinkles : Impact on the Occurrence of Diarrhea and Respiratory Infections in Institutionalized Children, *Jornal de Pediatria*, 89(3), pp. 286–293.
- Sandstead, H.H. and Freeland-graves, J.H., (2014). Journal of Trace Elements in Medicine and Biology Dietary Phytate, Zinc and Hidden Zinc Deficiency, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28(4), pp. 414–417.
- Tripathi, B. and Platel, K., (2010), Journal of Trace Elements in Medicine and Biology Fortification of Sorghum (*Sorghum vulgare*) and Pearl Millet (*Pennisetum glaucum*) Flour with Zinc, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 24(4), pp. 257–262.
- Tripathi, B., Platel, K., and Srinivasan, K., (2012), Double Fortification of Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and Finger Millet (*Eleusine coracana* L. Gaertn) Flours with Iron and Zinc, *Journal of Cereal Science*, 55(2), pp. 195–201.
- WHO, (2009), Recommendation on Wheat and Maize Flour Fortification. Meeting Report: interim Consensus Statement. Geneva: World Health Organization http://www.who.int/nutrition/publications/micronutrients/wheat_maize_fort.pdf
- Widodo, Y., Wahyuningsih, S., and Ueda, A., (2015), Sweet Potato Production for Bio-ethanol and Food Related Industry in Indonesia: Challenges for Sustainability. *Procedia Chemistry*, 14, pp. 493–500.