

Kertas Asli/Original Articles

Kesan Perencatan Fitat Terhadap Bioavailabiliti Kalsium, Ferum dan Zink dalam Produk Kacang Soya Tempatan
(Inhibitory Effects of Phytate to Bioavailability of Calcium, Ferum and Zinc in Local Soy Products)

HASNAH HARON, NORFASIAH RAOB & TAN MEI CHEN

ABSTRAK

Kajian ini dijalankan untuk menentukan kesan perencatan fitat terhadap bioavailabiliti kalsium (Ca), ferum (Fe) dan zink (Zn) dalam produk kacang soya tempatan terpilih. Fitat menyebabkan kesan perencatan terhadap penyerapan mineral seperti Ca, Fe dan Zn dengan membentuk kompleks yang tidak larut dan tidak dapat dicernakan. Kesan perencatan fitat terhadap bioavailabiliti mineral seperti Ca, Fe dan Zn telah dianggarkan dengan nisbah molar fitat kepada mineral. Kandungan fitat ditentukan dengan menggunakan kaedah pertukaran anion dan kandungan mineral ditentukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Produk kacang soya dibeli dari pasar malam dan gerai makanan yang terletak di Cheras dan Sri Rampai, Kuala Lumpur. Setiap sampel yang dibeli dari kedua-dua lokasi dianalisis secara duplikat. Kajian ini mendapati kek soya dan kesemua masakan yang mengandungi tempe tidak mempunyai kandungan fitat. Ini mungkin disebabkan oleh kehadiran *R. oligosporus* yang menghasilkan fitase lalu menghidrolisis kandungan fitat semasa proses fermentasi tempe. Terdapat lima jenis sampel makanan yang mempunyai nisbah molar fitat/Ca > 0.24, sepuluh jenis sampel makanan dengan nisbah molar fitat/Fe > 1, lapan jenis sampel makanan mempunyai nisbah molar fitat/Zn > 15 dan satu jenis sampel makanan mempunyai nisbah molar [fitat x Ca]/Zn > 200. Keputusan nisbah molar fitat/mineral dari kajian ini menganggarkan bioavailabiliti Ca, Fe dan Zn yang rendah. Kesimpulannya, kek soya dan masakan mengandungi tempe mempunyai bioavailabiliti mineral yang tinggi manakala tau-hoo pok bakar mempunyai bioavailabiliti mineral yang rendah.

Kata kunci: Bioavailabiliti, Perencatan fitat, Mineral, Produk kacang soya, Tempe

ABSTRACT

This study was carried out to determine the inhibitory effects of phytate on the bioavailability of calcium (Ca), ferum (Fe) and zinc (Zn) in selected soy-based products. Phytate exerts its inhibitory effects on the absorption of minerals such as Ca, Fe and Zn by forming insoluble and undigestible complexes. The inhibitory effect of phytate on the bioavailability of minerals like Ca, Fe and Zn was estimated by measuring their molar ratios. Phytate content was determined by using anion-exchange method while mineral contents were determined by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Soy-based products were bought from the night markets and food stall located at Cheras and Sri Rampai, Kuala Lumpur. Each samples from both location was analysed in duplicates. Results from this study showed that soy cake and all dishes containing tempe did not contain phytate content. This may due to the presence of *R. oligosporus* that produces phytase and hydrolysed the phytate content during the fermentation process of tempe. There were five food samples that have a phytate/ Ca molar ratio > 0.24, ten food samples with a phytate/ Fe molar ratio > 1, eight food samples have a phytate/ Zn molar ratio >15 and one food sample has a [phytate x Ca]/ Zn molar ratio > 200. The result of molar ratio phytate/mineral in this study estimated the low bioavailability of Ca, Fe and Zn. In conclusion, soy cake and all dishes containing tempe contained high bioavailability of minerals, while tau-hoo pok contained low bioavailability of minerals.

Keywords: Bioavailability, Phytate inhibitory, Minerals, Soy-based products, Tempe

PENGENALAN

Bioavailabiliti adalah satu istilah umum yang merujuk kepada satu keadaan bagaimana satu zat dapat diserap dan digunakan oleh badan. Ia boleh terjejas oleh banyak faktor seperti kehadiran anti-nutrien (fitat, oksalat, tannin dan polifenol) dalam makanan, keperluan seseorang,

gentian, interaksi atau persaingan dengan nutrien lain dan keasidan bahagian usus (Paul et al. 2004). Kacang soya mengandungi kandungan komponen bioaktif yang signifikan atau anti-nutrien (fitat, oksalat, perencat tripsin dan lektin) yang mungkin mengubah metabolisme tubuh manusia (Armour et al.1998; Liener 1994; Pusztai et al. 1994).

Bagi negara membangun, makanan berasaskan tumbuhan adalah makanan ruji mereka. Diet jenis ini khususnya berasaskan biji-bijian dan kekacang yang belum diproses menyebabkan bioavailabiliti mineral seperti kalsium (Ca), ferum (Fe), zink (Zn), iodin (I) dan vitamin lain adalah rendah. Ini menyebabkan penyakit gangguan metabolik yang berkaitan dengan kekurangan mikronutrien berlaku. Maka, usaha meningkatkan nilai pemakanan dalam makanan adalah amat penting bagi meningkatkan status pemakanan seluruh penduduk (Bohn et al. 2008).

Fitat dianggap sebagai anti-nutrien disebabkan ia mempunyai kemampuan untuk mengkelat dan mendap bersama mineral. Ini menyebabkan fitat menurunkan bioavailabiliti mineral penting seperti Ca, Fe, Zn dan Mg dalam makanan seperti biji-bijian, kacang dan kekacang (Weaver & Kannan 2002). Pada masa yang sama, fitat mungkin boleh berperanan sebagai antioksidan, antikarsinogen dan fungsi lain (Jenab & Thompson 2002). Secara purata, kandungan fitat dalam bijirin ialah antara 1 hingga 2% (Mage 1982; Oberleas & Harland 1981).

Keupayaan fitat untuk mengkelat pada mineral dengan cepat menyebabkan ia boleh mengurangkan bioavailabiliti nutrien kritikal seperti zink (Zn), ferum (Fe), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam makanan bijirin penuh seperti kacang dan kekacang (Weaver & Kannan 2002). Kebanyakan fitat hadir sebagai garam mono- dan dwivalen kation-kation K⁺, Mg²⁺ dan Ca²⁺. Fitat berkumpul dalam

biji benih semasa tempoh kematangan dan ia merupakan simpanan utama kedua-dua fosfat dan inositol dalam kekacang dan bijirin tumbuhan (Loewus 2002). Namun, fosforus dalam bentuk ini tidak dapat dicernakan oleh haiwan dan manusia disebabkan kekurangan enzim pencernaan fitase (Holm et al. 2002).

Kajian mengenai kandungan fitat di dalam produk kacang soya tempatan adalah terhad. Maka, kajian ini dijalankan untuk menentukan kesan perencatan fitat terhadap bioavailabiliti mineral kalsium, ferum dan zink dalam 15 produk kacang soya tempatan yang terpilih.

BAHAN DAN KAEDAH PENSAMPELAN

Sebanyak 15 jenis makanan yang berasaskan kacang soya telah dianalisis iaitu yong tau-hoo (tauhu lembut), yong tau-hoo (tau kee), yong tau-hoo (tau-hoo pok), tau-hoo goreng, kek soya, chao tau-hoo, tau-hoo pok masak kari, tau-hoo pok sumbat, tau-hoo pok bakar, sufu, tau-hoo jepun goreng, tempe goreng tanpa tepung, tempe goreng dengan tepung, tempe masak sambal dan tempe masak kicap. Gambarajah dan penerangan untuk kesemua sampel adalah seperti pada Rajah 1 dan Jadual 1. Sampel yang sama telah dibeli dari dua lokasi berbeza iaitu Cheras dan Sri Rampai, Kuala Lumpur. Pemilihan pasar malam dan gerai makanan di kedua-dua lokasi dipilih secara rawak.

JADUAL 1. Huraian mengenai sampel makanan yang dijalankan

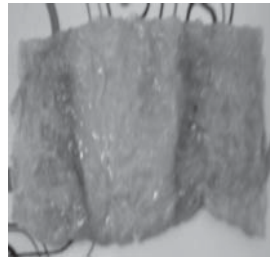
Sampel Makanan	Huraian
Yong Tau-hoo (Tauhu Lembut)	Tau-hoo lembut yang diisi dengan pes ikan seperti ikan tenggiri.
Yong Tau-hoo (Tau Kee)	Fujook yang diisi dengan pes ikan seperti ikan tenggiri.
Yong Tau-hoo (Tau-hoo Pok)	Tau-hoo pok yang diisi dengan pes ikan seperti ikan tenggiri.
Tau-hoo goreng (deep fried)	Tau-hoo kental yang digoreng.
Kek Soya	Kek yang diperbuat daripada susu soya, telur, tepung penaik sendiri dan gula. Satu lapisan krim disapu di bahagian tengah kek.
Chao Tao-hoo (Tauhu Busuk)	Tau-hoo lembut yang ditapai dalam sos khusus yang diperbuat daripada sayur-sayuran dan ikan. Makanan mempunyai bau busuk yang kuat.
Tau-hoo Pok Masak Kari	Tau-hoo pok yang dimasak dalam kuah kari bersama-sama dengan sayur-sayuran.
Tau-hoo Pok Sumbat	Tau-hoo pok yang diisi dengan timun.
Tau-hoo Pok Bakar	Tau-hoo pok yang telah dibakar.
Sufu	Tau-hoo lembut yang telah ditapai dalam sos kacang soya. Tekstur tau-hoo ini adalah lembut seperti keju.
Tau-hoo Jepun Goreng	Tau-hoo Jepun juga dikenali sebagai Tau-hoo telur. Tau-hoo Jepun mempunyai warna kuning yang mungkin hasil daripada campuran telur.
Tempe Goreng tanpa Tepung	Tempe yang digoreng terus tanpa tepung.
Tempe Goreng dengan Tepung	Tempe yang digoreng bersama dengan tepung.
Tempe Masak Sambal	Tempe yang digoreng bersama sambal dan ikan bilis.
Tempe Masak Kicap	Tempe yang masak dengan sos kicap, sayur-sayuran dan kentang.

Pemilihan sampel berdasarkan kebolehdapatan sampel di pasar malam dan gerai makanan. Sebanyak 500 g untuk setiap makanan telah dibeli untuk kajian ini. Kesemua sampel dihomogenkan dengan pengisar (Panasonic MX

7985) dan disimpan pada suhu -20°C sebelum dianalisis. Setiap sampel makanan dari kedua-dua lokasi dianalisis secara duplikat dan total replikat untuk sampel yang sama adalah empat replikat.



Yong Tau-hoo
(Tau-hoo Lembut)



Yong Tau-hoo
(Tau Kee)



Yong Tau-hoo
(Tau-hooPok)



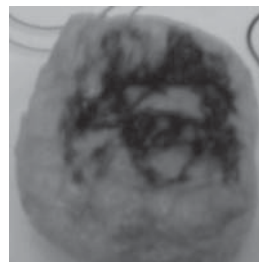
Chao Tau-hoo



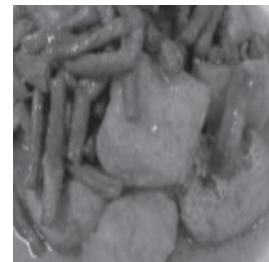
Tau-hoo Goreng



Kek Soya



Tau-hoo
Pok Bakar



Tau-hoo Pok
Masak Kari



Sufu



Tau-hoo Pok
Sumbat



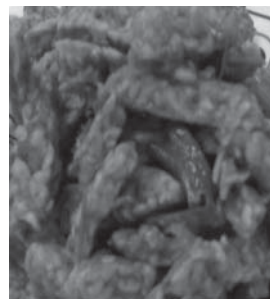
Tau-hoo Jepun
Goreng



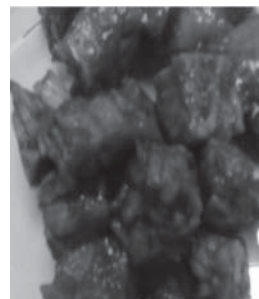
Tempe Goreng
tanpa Tepung



Tempe Goreng
dengan Tepung



Tempe Masak
Sambal



Tempe Masak
Kicap

RAJAH 1. Sampel makanan

PENGEKSTRAKAN FITAT

Sebanyak 1.0 g sampel ditimbang dan dipindahkan ke dalam 100 ml kelalang kon. Kemudian, sebanyak 40 hingga 50 ml Na_2SO_4 (100g/l) – HCl (1.2%) ditambah ke dalam kelalang tersebut. Percampuran sampel dilakukan dengan pemutar magnetik pada suhu bilik. Supernatan kemudian dituras dengan kertas turas 5A (Advantec, Japan) (Ma et al. 2005).

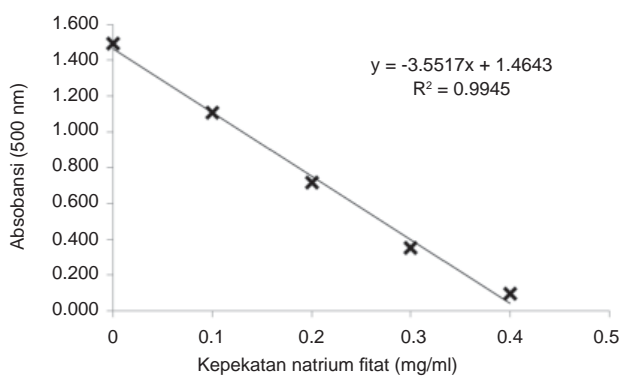
PENGGUNAAN ANION EXCHANGE COLUMN (AEC) DALAM PENENTUAN KANDUNGAN FITAT

Kaedah yang dijalankan adalah mengikut Ma et al. (2005). Sebanyak 10 ml ekstrak yang telah dituras dicairkan dengan air suling sehingga isipadu mencapai 30 ml selepas 1 ml 0.75 M NaOH ditambah ke dalamnya. Campuran ini seterusnya dituang ke dalam kolom resin (resin, AG1-X4, ~100-200 mesh; kolom polipropilen, 0.8×4 cm, Bio-Rad Laboratory, Inc., CA). Kolom tersebut perlu dilalukan dahulu dengan 0.5 M larutan NaCl dan air terion sebelum melalukan kolom dengan sampel. Setelah melalui kolom sampel, ia akan diikuti dengan 15 ml air suling dan 20 ml 0.05 M larutan NaCl untuk penyingkiran fosfat inorganik.

Kandungan fitat yang terperangkap di dalam kolom dikeluarkan dengan menggunakan 0.7 M NaCl. Sebanyak 4 ml Reagen Wade (0.03% larutan ferik klorida (FeCl_3) dan 0.3% asid sulfosalisilik (SSA) ditambah ke dalam 5 ml eluat fitat yang telah dikumpulkan dan diempar pada 3000 rpm selama 10 minit. Absorban daripada supernatan ditentukan menggunakan spektrofotometer (SECOMAM CE, France) pada 500 nm. Sebuah lengkung kalibrasi yang menggunakan piawai natrium fitat diperolehi daripada kaedah kolorimetri seperti ditunjukkan di dalam Rajah 2.

PENENTUAN KANDUNGAN MINERAL

Kandungan mineral Ca, Fe dan Zn dalam makanan diukur menggunakan kaedah *Atomic Absorption Spectrometer*



RAJAH 2. Absorbansi pada 500 nm melawan kepekatan natrium fitat (mg/ml)

(AAS) (GBC Avanta GF 3000, Australia) berdasarkan Hernandez et al. (2004). Sebanyak 5 g sampel ditimbang di dalam mangkuk pijar dipanaskan dengan plat pemanas sehingga tiada asap putih terhasil. Abu dilarutkan dengan 5 ml HCl pekat di dalam mangkuk pijar dan dipanaskan dengan pemanas air sehingga kering. Sebanyak 2 ml HCl pekat ditambah untuk melarutkan sampel yang tertinggal. Campuran tersebut dituras dengan kertas turas 5A (Advantec, Japan) dan dipindah ke dalam kelalang isipadu 100 ml. Air terion ditambahkan ke dalam kelalang isipadu sehingga mencapai tanda pada kelalang. Kelalang digoncang agar semua sampel homogen sebelum dianalisis menggunakan AAS.

PENENTUAN NISBAH MOLAR FITAT/MINERAL

Molar fitat dan mineral ditentukan dengan membahagikan jisim fitat dan mineral kepada jisim atom fitat dan mineral masing-masing (Fitat: 660 g/mol; Fe: 56 g/mol; Zn: 65 g/mol; Ca: 40 g/mol). Nisbah molar fitat/ mineral ditentukan dengan membahagikan mol fitat kepada mol mineral. Nisbah molar fitat/ kalsium > 0.24 akan menjejaskan bioavailabiliti kalsium (Morris & Ellis, 1989). Nisbah molar fitat/ ferum > 1 dianggap sebagai petunjuk bioavailabiliti ferum yang rendah (Hallberg et al. 1989). Penyerapan zink berkurang dan keseimbangan zink negatif apabila nisbah molar fitat/ zink adalah 15 (Turnlund et al. 1984).

ANALISIS STATISTIK

Statistik deskriptif dalam bentuk min dan sisihan piawai digunakan untuk mempersembahkan data hasil kajian ini. Program *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versi 18.0 digunakan untuk menganalisis data. Analisis varians satu hala (ANOVA) dengan ujian pos-hok (Duncan) dipilih untuk membuat perbandingan antara kandungan nutrien di dalam semua sampel. Nilai signifikan ditentukan pada $p < 0.05$.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Lengkuk kalibrasi ini memberi kelinearan dengan nilai pekali penentuan, $r^2 = 0.9945$ dengan kepekatan 0 hingga 0.4 mg/ml natrium fitat. Lengkuk kalibrasi absorbans pada 500 nm melawan kepekatan natrium fitat (mg/ml) ditunjukkan seperti dalam Rajah 2. Lengkuk dengan kecerunan negatif ini menunjukkan bahawa semakin meningkat kepekatan natrium fitat, semakin menurun absorbans pada 500 nm.

PENENTUAN KANDUNGAN FITAT DALAM SAMPEL MAKANAN

Julat kandungan fitat sampel makanan yang dinyatakan dalam berat basah adalah dari 0 hingga 1081.65 mg/

100 g. Kandungan fitat (mg/100 g berat basah) dalam produk kacang soya tempatan terpilih ditunjukkan seperti di dalam Jadual 2. Julat ini didapati berada dalam lingkungan yang lebih kecil jika dibandingkan dengan kajian Ma et al. (2005) yang melaporkan julat fitat dari 130 hingga 1878 mg/ 100 g berat basah. Produk kacang soya dalam kajian ini seperti tau-hoo pok bakar mempunyai kandungan fitat yang tertinggi iaitu 1081.65 ± 412.31 mg/ 100 g. Kandungan fitat dalam tempe masak kicap, tempe masak sambal, tempe goreng dengan atau tanpa tepung dan kek soya adalah tidak dapat dikesan. Tempe didapati mengandungi jumlah *R. oligosporus* yang berbeza-beza dan ia bergantung kepada proses fermentasi yang dijalankan ke atas kacang soya. Mikroorganisma tersebut menghasilkan enzim fitase untuk menghidrolisis fitat (Astuti et al. 2000).

JADUAL 2. Kandungan fitat dalam produk kacang soya tempatan terpilih

Nama Sampel	Fitat (mg/ 100g)
Yong Tau-hoo (Tau-hoo Lembut)	429.51 ± 76.25^a
Yong Tau-hoo (Tau Kee)	418.49 ± 274.56^{abcd}
Yong Tau-hoo (Tau-hoo Pok)	383.78 ± 73.63^{ac}
Tau-hoo Goreng	362.23 ± 170.13^{abcd}
Kek Soya	0 ^{bc}
Chao Tau-hoo	307.17 ± 289.80^{abcd}
Tau-hoo Pok Masak Kari	100.18 ± 134.20^{abcd}
Tau-hoo Pok Sumbat	243.81 ± 4.00^{ac}
Tau-hoo Pok Bakar	$1081.65 \pm 412.31^{abcd}$
Sufu	91.05 ± 92.47^c
Tau-hoo Jepun	273.66 ± 54.21^{ac}
Tempe Goreng Tanpa Tepung	0 ^{bc}
Tempe Goreng dengan Tepung	0 ^{bc}
Tempe Masak Sambal	0 ^{bc}
Tempe Masak Kicap	0 ^{bc}

Abjad yang berbeza pada lajur yang sama menunjukkan perbezaan signifikan ($p < 0.05$)

Kajian Van der Riet et al. (1987) telah melaporkan kandungan fitat yang menurun sebanyak 65% disebabkan tindakan enzim fitase yang dihasilkan oleh *R. oligosporus*. Menurut Ma et al. (2005), kandungan fitat mungkin dipengaruhi oleh jenis dan kadar ekstraksi tepung. Fakta ini mungkin dapat menjelaskan sebab kandungan fitat tidak dapat dikesan di dalam kek soya. Sufu atau furu merupakan hasil fermentasi produk kacang soya yang berasal dari China (Han et al. 2001). Dalam kajian ini, sufu mempunyai kandungan fitat yang terendah jika dibandingkan dengan sampel makanan yang kandungan fitatnya dapat dikesan iaitu sebanyak 91.05 ± 92.47 mg/100 g berat basah. Menurut Han et al. (2003), *R. oligosporus* merupakan salah satu kulat yang terlibat dalam proses fermentasi sufu selain daripada *Actinomucor* sp. dan *Mucor* sp. Kehadiran *R. oligosporus* mungkin menyumbang kepada kandungan fitat yang rendah disebabkan tindakan enzim fitase terhadap fitat.

Selain itu, yong tau-hoo lembut mempunyai kandungan fitat yang lebih rendah berbanding dengan tau-hoo pok bakar. Ini mungkin disebabkan kandungan fitat mengalami perubahan semasa pemprosesan makanan seperti proses perendaman, pengisaran dan pendidihan. Proses perendaman menyingkirkan kira-kira 6 hingga 28% kandungan fitat. Semakin panjang tempoh perendaman, semakin tinggi kandungan fitat disingkirkan (Harland & Oberleas 1987).

Kajian Lestienne et al. (2005) mendapati bahawa proses pengisaran membenarkan lebih banyak endogenus fitase terikat pada fitat dan berfungsi sebagai pemangkin dalam menghidrolisis fitat. Selain itu, pendidihan mungkin menyebabkan kehilangan kandungan fitat tertentu. Hurrell et al. (2004) melaporkan bahawa 20% kandungan fitat hilang semasa proses penyediaan tofu. Perbezaan cara penyediaan tofu dan kultivar kacang soya mungkin menyumbang kepada perbezaan kandungan fitat dalam produk kacang soya.

KANDUNGAN MINERAL

Kandungan mineral dalam sampel adalah 5.65 - 338.20 mg Ca, 0.69 - 3.69 mg Fe dan 0.54 - 2.23 mg Zn (per 100 g berat basah). Jadual 3 menunjukkan kandungan kalsium (Ca), besi (Fe) dan zink (Zn) di dalam sampel makanan. Julat kandungan mineral kajian ini adalah lebih rendah berbanding dengan kajian Ma et al. (2005) yang melaporkan sampel kajiannya mengandungi 12.55 hingga 760 mg Ca, 0.37 hingga 6.13 mg Fe dan 0.37 hingga 3.50 mg Zn (per 100 g berat basah). Sampel tau-hoo pok bakar mempunyai kandungan Ca, Fe dan Zn yang tertinggi. Manakala, kek soya mengandungi kandungan Ca, Fe dan Zn yang terendah.

Kajian-kajian lain menyatakan bahawa pemprosesan makanan menyumbang kepada kehilangan kandungan mineral seperti Fe dan Zn (Hotz & Gibson 2001; Lestienne et al. 2005). Proses pengisaran, pendidihan dan penggorengan mempengaruhi kandungan mineral. Perbezaan kandungan mineral dalam makanan mungkin disebabkan oleh faktor perbezaan kultivar kacang soya, tanah, persekitaran tanaman (Frossard et al. 2000) serta amalan penyediaan makanan (Gibson et al. 2006). Proses fermentasi tidak mempengaruhi kandungan mineral seperti Fe dan Ca tetapi proses ini meningkatkan lagi solubiliti mineral tersebut. Kandungan Fe meningkat dari 24.29% dalam produk kacang soya yang tidak melalui proses fermentasi kepada 40.52% dalam tempe. Semasa fermentasi, kandungan Fe meningkat kepada 66.51% (Astuti 1994). Kajian ini mendapati bahawa sufu mengandungi 82.27 ± 66.89 mg Ca, 1.97 ± 0.52 mg Fe dan 2.00 ± 0.92 mg Zn (per 100 g berat basah). Kajian-kajian lain melaporkan sufu mengandungi 100-230 mg Ca dan 7-16 mg Fe/100 g berat basah (Su 1986; Wang & Du 1998).

JADUAL 3. Kandungan mineral dalam produk kacang soya terpilih

Nama Sampel	Kalsium (mg/100 g)	Besi (mg/100 g)	Zink (mg/100 g)
Yong Tau-hoo (Tau-hoo Lembut)	105.86 ± 15.54	2.29 ± 0.67	1.05 ± 0.16
Yong Tau-hoo (Tau Kee)	35.23 ± 26.42	1.62 ± 0.28	1.16 ± 0.16
Yong Tau-hoo (Tau-hoo Pok)	130.83 ± 11.95	1.72 ± 0.11	1.14 ± 0.21
Tau-hoo Goreng	42.56 ± 14.12	1.79 ± 0.35	1.32 ± 0.53
Kek Soya	5.65 ± 2.93	0.69 ± 0.24	0.54 ± 0.46
Chao Tau-hoo	122.45 ± 62.01	2.50 ± 0.35	1.73 ± 0.20
Tau-hoo Pok Masak Kari	96.00 ± 55.19	2.31 ± 1.31	1.09 ± 0.45
Tau-hoo Pok Sumbat	75.75 ± 29.74	2.15 ± 0.63	1.39 ± 0.70
Tau-hoo Pok Bakar	338.20 ± 192.89	3.19 ± 0.82	2.23 ± 0.67
Sufu	82.27 ± 66.89	1.97 ± 0.52	2.00 ± 0.92
Tau-hoo Jepun	12.96 ± 5.57	1.31 ± 0.17	1.08 ± 0.45
Tempe Goreng tanpa Tepung	22.28 ± 14.47	2.25 ± 0.83	1.10 ± 0.63
Tempe Goreng dengan Tepung	20.77 ± 10.16	1.76 ± 0.50	1.39 ± 0.44
Tempe Masak Sambal	75.67 ± 30.48	2.23 ± 0.51	1.53 ± 0.44
Tempe Masak Kicap	20.23 ± 18.40	1.61 ± 0.66	1.06 ± 0.59

NISBAH MOLAR KANDUNGAN FITAT DENGAN
KANDUNGAN MINERAL

Julat nisbah molar fitat/Ca, fitat/Fe, fitat/Zn dan [fitat x Ca]/Zn masing-masing adalah 0 hingga 1.64, 0 hingga 29.76, 0 hingga 50.10 dan 0 hingga 3888.80. Nisbah molar kandungan fitat dengan kandungan mineral ditunjukkan seperti dalam Jadual 4. Sebanyak lima jenis sampel makanan mempunyai nisbah molar fitat/ Ca > 0.24. Nisbah ini mengangggarkan bioavailabiliti Ca yang rendah dalam makanan tersebut (Morris & Ellis 1985). Selain itu, kajian ini juga mendapati kemungkinan bioavailabiliti Fe yang rendah dalam 10 jenis sampel makanan dengan nisbah molar fitat/ Fe > 1 (Hallberg et al. 1989).

Bioavailabiliti Zn yang rendah dalam makanan dapat dianggarkan dengan nisbah molar fitat/ Zn > 15 (Morris &

Ellis 1989; Sandberg et al. 1987; Turnlund et al. 1984). Dalam kajian ini, sebanyak 8 jenis sampel makanan telah dianggarkan mempunyai bioavailabiliti Zn yang rendah. Namun begitu, hanya tau-hoo pok bakar mempunyai bioavailabiliti Zn yang rendah dengan nisbah molar [fitat x Ca]/ Zn > 200 (Bindra et al. 1986; Davies et al. 1985). Jadual 3 menunjukkan ringkasan anggaran bioavailabiliti mineral yang rendah dalam sampel makanan.

Menurut Fordyce et al. (1987), kandungan Ca yang tinggi dapat mengurangkan kesan perencat asid fitik (PA) terhadap penyerapan Zn dalam tubuh manusia. Ini disebabkan kompleks Ca-Zn-PA yang terbentuk dalam usus manusia adalah kurang larut berbanding dengan kompleks fitat yang terbentuk dengan salah satu ion tersebut. Maka, nisbah molar [fitat x Ca]/Zn mungkin lebih baik dalam

JADUAL 4. Nisbah molar fitat kepada mineral dalam produk kacang soya terpilih

Nama sampel	Fitat/Ca	Fitat/Fe	Fitat/Zn	[Fitat x Ca]/Zn
Yong Tau-hoo (Tau-hoo Lembut)	0.25 ^{ad}	16.64 ^{ab}	40.90 ^{ac}	106.85 ^{ab}
Yong Tau-hoo (Tau Kee)	1.64 ^{bcd}	21.14 ^{ab}	38.36 ^a	20.76 ^a
Yong Tau-hoo (Tau-hoo Pok)	0.18 ^d	18.99 ^a	33.97 ^a	109.45 ^{ab}
Tau-hoo Goreng	0.65 ^{bcd}	18.29 ^{ab}	33.61 ^a	29.03 ^a
Kek Soya	0.00 ^c	0.00 ^b	0.00 ^{ab}	0.00 ^{ac}
Chao Tau-hoo	0.13 ^{abcd}	11.66 ^{ab}	16.41 ^a	66.52 ^a
Tau-hoo Pok Masak Kari	0.05 ^{abcd}	2.98 ^b	7.96 ^a	24.43 ^a
Tau-hoo Pok Sumbat	0.22 ^{bcd}	10.31 ^{ab}	20.87 ^a	34.58 ^a
Tau-hoo Pok Bakar	0.25 ^{abcd}	29.76 ^{ab}	50.10 ^a	388.80 ^a
Sufu	0.06 ^c	3.32 ^b	3.84 ^{ab}	11.40 ^a
Tau-hoo Jepun	1.54 ^c	18.28 ^{ab}	30.23 ^a	8.18 ^a
Tempe Goreng tanpa Tepung	0.00 ^c	0.00 ^b	0.00 ^{ab}	0.00 ^{ac}
Tempe Goreng dengan Tepung	0.00 ^c	0.00 ^b	0.00 ^{ab}	0.00 ^{ac}
Tempe Masak Sambal	0.00 ^c	0.00 ^b	0.00 ^{ab}	0.00 ^{ac}
Tempe Masak Kicap	0.00 ^c	0.00 ^b	0.00 ^{ab}	0.00 ^{ac}

Abjad yang berbeza pada lajur yang sama menunjukkan perbezaan signifikan ($p < 0.05$)

meramalkan bioavailabiliti Zn berbanding nisbah molar fitat/Zn.

Kajian ini mendapati kek soya dan empat jenis masakan yang mengandungi tempe tidak mempunyai kandungan fitat. Maka, kesan bioavailabiliti kelima-lima jenis makanan terhadap Ca, Fe dan Zn boleh diabaikan. Kelima-lima jenis makanan tersebut mempunyai nisbah molar fitat/Ca yang lebih rendah secara signifikan ($p < 0.05$) berbanding dengan yong tau-hoo (tau-hoo lembut dan tau-hoo pok). Selain itu, nisbah molar fitat/ Fe bagi kelima-lima jenis makanan tersebut adalah lebih rendah secara signifikan ($p < 0.05$) berbanding dengan yong tau-hoo (tau-hoo pok). Bagi nisbah molar fitat/Zn, tidak ada perbezaan signifikan ($p > 0.05$) wujud antara yong tau-hoo (tau-hoo lembut) dengan kelima-lima jenis makanan tersebut.

Menurut Walter et al. (2002), terdapat dua kaedah untuk meningkatkan bioavailabiliti mineral iaitu penurunan kandungan fitat dalam makanan dan proses fortifikasi mineral ke dalam makanan. Penurunan kandungan fitat secara efektif melalui aktiviti enzim degradasi fitat eksogenus dengan penggunaan mikrob atau kulat fitase. Pembiakbakaan dengan benih rendah kandungan fitat dan pemprosesan makanan seperti fermentasi juga membantu dalam penurunan kandungan fitat.

Bioavailabiliti mineral seperti Fe dan penyerapan Fe dapat dipertingkatkan dalam sesetengah keadaan seperti pengambilan daging, ayam, itik dan makanan kaya vitamin C serta penambahan buah-buahan kaya vitamin C ke dalam bijirin sarapan (Norhaizan & Nor Faizatul Ain 2009). Bioavailabiliti Zn dalam makanan dapat dipertingkatkan dengan meningkatkan jumlah kandungan Zn diet. Penyerapan Zn bergantung kepada kandungan Zn dalam diet. Makanan yang rendah kandungan Zn tanpa kehadiran agen perencat, penyerapan Zn boleh mencapai tahap lebih daripada 50%. Kandungan Zn yang tinggi didapati memberi kesan peratusan penyerapan yang rendah. Ini kerana mekanisme pengangkutan Zn secara aktif mencapai tahap ketepuan. Tambahan pula, bioavailabiliti Zn dapat diperbaiki dengan meningkatkan pengambilan agen pendorong seperti protein diet dalam makanan dengan menurunkan impak PA terhadap penyerapan Zn dalam usus (Lonnerdal 2000).

PERBANDINGAN NISBAH MOLAR KANDUNGAN FITAT DENGAN KANDUNGAN MINERAL KAJIAN INI DENGAN KAJIAN LEPAS

Kajian mengenai penentuan nisbah molar kandungan fitat dengan kandungan mineral masih tidak wujud di Malaysia untuk menilai bioavailabiliti mineral dalam produk kacang soya. Maka, perbandingan nisbah molar kandungan fitat dengan kandungan mineral kajian ini dengan Ma et al. (2005) dijalankan.

Tau-hoo goreng dari kedua-dua kajian dianggarkan mempunyai bioavailabiliti Fe dan Zn yang rendah dengan nisbah molar fitat/ Fe > 1 dan fitat/Zn > 15 . Manakala, bioavailabiliti Ca tau-hoo goreng Ma et al. (2005) adalah baik berbanding dengan kajian ini. Ini mungkin disebabkan kandungan Ca (760.67 mg/100 g berat basah) tau-hoo goreng dari kajian Ma et al. (2005) adalah lebih tinggi berbanding dengan kajian ini (42.56 mg/100 g berat basah).

Tau-kee dari kajian ini mempunyai kandungan bioavailabiliti Ca, Fe dan Zn yang rendah dan sama seperti yang dilaporkan untuk sampel foojook dari kajian Ma et al. (2005). Namun begitu, kedua-dua makanan tersebut mempunyai nisbah molar [fitat x Ca]/ Zn < 200 . Menurut Hurrell et al. (2004), nisbah molar fitat/ Fe < 0.4 telah dicadangkan untuk mencapai bioavailabiliti Fe yang baik. Lestienne et al. (2005) melaporkan bahawa nisbah molar fitat/ Fe adalah penanda bioavailabiliti Fe yang lemah jika terdapat kewujudan anti-nutrien yang lain seperti oksalat dan saponin.

KESIMPULAN

Tau-hoo pok mengandungi kandungan fitat yang tertinggi iaitu sebanyak 1081.65 mg/ 100 g berat basah. Kandungan fitat tidak dapat dikesan dalam kek soya, tempe goreng tanpa tepung, tempe masak sambal dan tempe masak kicap. Sebanyak lima jenis sampel makanan mempunyai bioavailabiliti Ca yang rendah dengan nisbah molar fitat/ Ca > 0.24 . Sepuluh jenis sampel makanan dianggarkan mempunyai bioavailabiliti Fe yang rendah dengan nisbah molar fitat/ Fe > 1 . Lapan jenis sampel makanan telah dianggarkan mempunyai bioavailabiliti Zn yang rendah dengan nisbah molar fitat/ Zn > 15 . Kek soya dan masakan yang mengandungi tempe mempunyai kandungan mineral yang tinggi, manakala tau-hoo pok bakar mengandungi bioavailabiliti mineral yang rendah.

PENGHARGAAN

Penghargaan buat Fakulti Farmasi Universiti Kebangsaan Malaysia dan Dr Mohd Fairulnizal Md. Noh dari *Institute for Medical Research* Malaysia (IMR) yang memberi izin untuk penggunaan alat 'freeze dryer' dan instrumen AAS. Kajian ini dijalankan dengan menggunakan geran UKM-GUP-2011-117.

- Astuti, M. 1994. *Iron Bioavailability of Traditional Indonesian Soybean Tempe*. Memoirs of Tokyo University of Agriculture XXXV.
- Astuti, M., Meliala, A., Dalais, F.S. & Wahlqvist, M.L. 2000. Tempe, a nutritious and healthy food from Indonesia. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 9: 322-325.
- Armour, J.C., Perera, R.L.C., Bucham, W.C. & Grant, G. 1998. Protease inhibitors and lectins in soya beans and effects of aqueous heat-treatment. *J. Sci. Food Agric.* 78: 225-231.
- Bindra, G.S., Gibson, R.S. & Thompson, L.U. 1986. [Phytate]/[calcium]/[zinc] ratios in Asian immigrant lacto-ovo vegetarian diets and their relationship to zinc nutriture. *Nutr. Res.* 6: 475-483.
- Bohn, L., Meyer, A.S. & Rasmussen, S.K. 2008. Phytate: impact on environment and human nutrition. A challenge for molecular breeding. *J. Zhejiang Univ. Sci. B* 9(3): 165-191.
- Davies, N.T., Carswell, A.J.P. & Mills, C.F. 1985. The effect of variation in dietary calcium intake on the phytate-zinc interaction in rats. Dlm. *Trace Elements in Man and Animals TEMA-5*, disunting oleh Mills, C.F., Bremmer, I. & Chesters, J.K. USA: Oxford University Press.
- Fordyce, E.J., Forbes, R.M., Robbins, K.R. & Erdman, J.W. 1987. Phytate x calcium/zinc molar ratios: are they predictive of zinc bioavailability? *Journal of Food Science* 52: 440-444.
- Frossard, E., Bucher, M., Machler, F., Mozafar, A. & Hurrell, R. 2000. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 861-879.
- Gibson, R.S., Perlas, L. & Hotz, C. 2006. Improving the bioavailability of nutrients in plant foods at the household level. *Proceedings of the Nutrition Society* 65(2): 160-168.
- Hallberg, L., Brune, M. & Rossander, L. 1989. Iron absorption in man: Ascorbic acid and dose-dependent inhibition by phytate. *Am. J. Clin. Nutr.* 49: 140-144.
- Han, B.Z., Rombouts, F.M. & Nout, M.J.R. 2001. A Chinese fermented soybean food. *International Journal of Food Microbiology* 65: 1-10.
- Han, B.Z., Ma, Y., Rombouts, F.M. & Nout, M.J.R. 2003. Effect of temperature and relative humidity on growth and enzyme production by *Actinomyces elegans* and *Rhizopus oligosporus* during sufu pehtze preparation. *Food Chem.* 81: 27-34.
- Harland, B.F. & Oberleas, D. 1987. Phytate in foods. In: Bourne GH Ed. *World Rev. Nutr. Diet.* 52: 235-259.
- Hernandez, O.M., Fraga, J.M.G., Jimenez, A.I., Jimenez, F. & Arias, J.J. 2004. Characterization of honey from the Canary Islands: Determination of the mineral content by atomic absorption spectrophotometer. *Food Chemistry* 93: 449-458.
- Holm, P.B., Kristiansen, K.N. & Pedersen, H.B. 2002. Transgenic approaches in commonly consumed cereals to improve iron and zinc content and bioavailability. *Journal of Nutrition* 132(3): 514S-516S.
- Hotz, C. & Gibson, R.S. 2001. Assessment of home-based processing methods to reduce the phytate content and phytate/zinc molar ratio of white maize (*Zea mays*). *J. Agric. Food Chem.* 49: 692-698.
- Hurrell, R.F. 2004. Phytic acid degradation as a means of improving iron absorption. *International Journal of Vitamin and Nutrition Research* 74: 445-452.
- Jenab, M. & Thompson, L.U. 2002. Role of phytic acid in cancer and other diseases. In *Food Phytates*, edited by Reddy, N.R., Sathe, S.K. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Lestienne, I., Icard-Verniere, C., Mouquet, C., Picq, C. & Treche, S. 2005. Effects of soaking whole cereal and legume seeds on iron, zinc and phytate contents. *Food Chemistry* 89: 421-425.
- Liener, I.E. 1994. Implications of antinutritional components in soyabean foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 34: 31-67.
- Loewus, F. 2002. Biosynthesis of phytate in food grains and seeds. Dlm. *Food Phytates*, disunting oleh N. R. Reddy & S. K. Sathe, Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.
- Lonnerdal, B. 2000. Dietary factors influencing zinc absorption. *Journal of Nutrition* 130(5): 1378S-1383S.
- Ma, G., Jin, Y., Piao, J., Kok, F., Guusje, B. & Jacobsen, E. 2005. Phytate, Calcium, Iron and Zinc contents and their molar ratios in foods commonly consumed in China. *J. Agric. Food Chem.* 53: 10285-10290.
- Mage, J.A. 1982. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. *J. Agric. Food Chem.* 30: 1-9.
- Morris, E.R. & Ellis, R. 1985. Bioavailability of dietary calcium-effect of phytate on adult men consuming nonvegetarian diets. Dlm. *ACS Symposium Series 275: Nutritional BioAvailability of Calcium*, disunting oleh Kies, C. Washington, D.C.: American Chemical Society.
- Morris, E.R. & Ellis, R. 1989. Usefulness of the dietary phytic acid/zinc molar ratio as an index of zinc bioavailability to rats and humans. *Biol Trace Elem Res.* 19: 107-117.
- Norhaizan, M.E. & Nor Faizadatul Ain, A.W. 2009. Determination of Phytate, Iron, Zinc, Calcium Contents and Their Molar Ratios in Commonly Consumed Raw and Prepared Food in Malaysia. *Mal. J. Nutr.* 15(2): 213-222.
- Oberleas, D. & Harland, B.E. 1981. Phytate content of foods: effect on dietary zinc bioavailability. *J. Am. Diet Assoc.* 79: 433-436.
- Paul, I., Turner, R.E. & Ross, D. 2004. *Nutrition*. Sudbury, MA: Jones and Bartlett Publishers.
- Pusztai, A., Ewens, S.W.B., Carvalho, A.F.F.U., Grant, G., Baintner, K. & Bardocz, S. 1994. Dietary lectins affect hormone balance of the body and modulate its general metabolism. Dlm. *Gastrointestinal Tract and Endocrine System*, disunting oleh Singer, M.V., Ziegler, R. & Rohr, G. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Sandberg, A.S., Anderson, H., Carlsson, N.G. & Sandstrom, B. 1987. Degradation products of bran phytate formed during digestion in the human small intestine: effects of extrusion cooking on digestibility. *J. Nutr.* 117: 2061-2065.
- Su, Y.C. 1986. Sufu. Dlm. *Legume Based Fermented Foods*, disunting oleh Reddy, N.R., Pierson, M.D. & Salunkhe, D.K. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.
- Turnlund, J.R., King, J.C., Keyes, W.R., Gong, B. & Michel, M.C. 1984. A stable isotope study of zinc absorption in young men: effects of phytate and α -cellulose. *Am. Clin. Nutr.* 40: 1071-1077.
- Van der Riet, W.B., Wigt, A.W., Cilliers, J.J.L. & Datel, J.M. 1987. Food chemical analysis of tempe prepared from South Africa. *Food Chem.* 25: 197-208.

Wang, R.Z. & Du, X.X. 1998. *The Production of Sufu in China* (in Chinese). Beijing: China Light Industry Press.
Walter, H.L., Fanny, L., Charles, C. & Christian, R. 2002. Minerals and phytic acid interaction: is it a real problem for human nutrition. *Int. J. Food Sc. Tech.* 37: 727-739.

Hasnah Haron
Norfasihah Raob
Tan Mei Chen
Program Sains Pemakanan,
Pusat Pengajian Sains Jagaan Kesihatan,
Fakulti Sains Kesihatan, Universiti Kebangsaan Malaysia,
Jalan Raja Muda Abdul Aziz, 50300 Kuala Lumpur.

Weaver, C.M. & Kannan, S. 2002. Phytate and mineral bioavailability. Dlm. *Food Phytates*, disunting oleh Reddy, N.R. & Sathe, S.K. Boca Raton, FL: CRC Press.

Pengarang untuk dihubungi: PM. Dr. Hasnah Haron
Alamat emel: hasnah@fsk.ukm.my; hh0172@gmail.com
Tel: 603 92897457; Fax: 603 26947621

Diterima: Oktober 2012
Diterima untuk penerbitan: Mac 2013

