

**PENGARUH LAMA PENYIMPANAN DAN LAMA PEREBUSAN UMBI YAKON
(*Smallanthus sonchifolius*) TERHADAP BIOAVAIBILITAS Zn dan Mg**

**THE EFFECT OF STORAGE TIME AND BOILING TIME YAKON
(*Smallanthus sonchifolius*) TOWARDS BIOAVAILABILITAS Zn dan Mg**

Dhimas Apriyanto* dan I Gusti Made Sanjaya
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya, Jl. Ketintang, Surabaya, 60231
*e-mail: dhimasapriyanto92@gmail.com

Abstrak: Tujuan Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh lama penyimpanan dan lama perebusan Umbi Yakon (*Smallanthus sonchifolius*) terhadap Bioavailabilitas Zn dan Mg yang dihitung dari pakan dan feses hewan coba. Tahapan penelitian 1) Identifikasi FOS dari hasil isolasi umbi yakon yang telah diberi 3 perlakuan dengan variasi lama simpan dan lama perebusan 0minggu-0menit; 1minggu-30menit; 2minggu-60menit. 2) Hewan coba dibagi menjadi 1 kelompok pakan standart dan 9 kelompok pakan perlakuan. Pakan perlakuan tinggi serat pangan mengandung Umbi Yakon lama simpan dan lama perebusan 0minggu-0menit; 0minggu-30menit; 0minggu-60menit; 1minggu-0menit; 1minggu-30menit; 1minggu-60menit; 2minggu-0menit; 2minggu-30menit; 2minggu-60menit. Hasil penelitian menunjukkan (1) Terdapat pita lebar pada spektrum dengan bilangan gelombang tertentu yang menunjukkan gugus fungsional penyusun FOS yaitu β -D-Fructose pada 873-939 cm^{-1} , C-OH pada 1158 cm^{-1} , C-O siklik pada 1250-1405 cm^{-1} , C-OH siklik pada 1400-1600 cm^{-1} dan C-H siklik pada 2930 cm^{-1} . (2) Hasil ANAVA ($\alpha = 0.05$) menunjukkan ada pengaruh lama simpan dan lama perebusan umbi yakon terhadap Bioavailabilitas mineral Zn dan Mg. Penurunan senyawa FOS menurunkan Bioavailabilitas Zn dan Mg. Nilai tertinggi didapatkan pada perlakuan pakan tanpa penyimpanan dan tanpa perebusan sebesar 47,31% pada Zn dan 75,09% pada Mg.

Kata kunci : Bioavailabilitas, FOS, Lama simpan, Lama perebusan, Mg, Umbi yakon, Zn

Abstract: The purpose of this research was to determine effect of storage time and boiling time tubers Yakon (*Smallanthus sonchifolius*) on the bioavailability of Zn and Mg were calculated from feed and animal feces. Research stage 1) identification of the isolated FOS tubers yakon that has given 3 treatments with storage time and boiling time 0week- 0minute; 1week-30minute; 2week-60minute. 2) Experimental animals were divided into group1 standard feed and feed 9 treatment groups. Feeding high-fiber food treatments containing tubers yakon storage time and boiling time 0week-0minute; 0week-30minute; 0week-60minute; 1week-0minute; 1week-30minute; 1week-60minute; 2week-0minute; 2week-30minute; 2week-60minute. Results showed (1) There is a broad band in the spectrum with a specific wavelength that shows the constituent functional groups, namely FOS compounds β -D-Fructose at 873-939 cm^{-1} , C-OH at 1158 cm^{-1} , CO cyclic at 1250-1405 cm^{-1} , C-OH cyclic at 1400-1600 cm^{-1} and C-H cyclic at 2930 cm^{-1} . (2) Results of two-way ANOVA analyze ($\alpha = 0.05$), showed there effect of long shelf and long boiling the tubers yakon Bioavailabilitas minerals Zn and Mg. Decreased bioavailability of compounds FOS will lower Zn and Mg. The highest value obtained in the treatment of feed no storage and no boiling for Zn and 47.31% at 75.09% in Mg.

Keywords: Bioavailability, Boiling time, FOS, Mg, Storage time, Tubers yakon, Zn

PENDAHULUAN

Yakon merupakan tanaman asli dari pegunungan andes yang memiliki sumber Fruktooligosakarida (FOS) terbesar dibanding tanaman lain. FOS merupakan tipe gula yang memiliki nilai kalori yang lebih rendah dibandingkan jenis gula lainnya yaitu sekitar 25 – 35 % dari kalori normal karbohidrat[1]. FOS memiliki struktur GF_n atau F_m, dengan huruf G menunjukkan satu terminal glukosa, F

merupakan unit fruktosa. Huruf n dan m menunjukkan banyaknya unit fruktosa dalam oligomer FOS. Ikatan antar unit fruktosa penyusunnya terdapat ikatan yang tidak dapat dipecah oleh enzim pencernaan, yaitu ikatan β (2-1) sehingga digolongkan dalam ingredient food atau bahan pangan yang tidak memiliki gizi tapi mempunyai manfaat bagi pencernaan.

Oleh sebab itu FOS digunakan sebagai prebiotik yang berperan baik bagi mikroba [2].

Hasil fermentasi oleh mikroba menghasilkan Asam Lemak Rantai Pendek (ALRP) akan menurunkan pH kolon dan meningkatkan kelarutan mineral sehingga merangsang ephitelium usus untuk meningkatkan kapasitas penyerapan [3].

Didalam tubuh manusia selain memerlukan makronutrient seperti karbohidrat, lemak dan protein juga memerlukan mikronutrient vitamin mineral. Mineral yang penting untuk tubuh adalah Mg dan Zn. Namun diet tinggi serat pangan juga mengakibatkan efek fisiologis yang negatif. Diantara efek negatif yang ditimbulkan adalah penurunan ketersediaan mineral [4]. Hal berbeda terjadi pada serat pangan larut seperti Fruktooligosakarida (FOS) yang justru meningkatkan absorpsi beberapa mineral di usus besar sehingga akan meningkatkan bioavailabilitas mineral.

Fermentasi FOS dalam usus besar berlangsung pada kondisi anaerob. FOS akan dihidrolisis menjadi monomer unit glukosa dan fruktosa oleh enzim β -fruktofuranosidase, selanjutnya glukosa dan fruktosa akan difermentasi secara heteromentatif oleh mikroba anaerob seperti *Lactobacillus* menghasilkan Asam Lemak Rantai Pendek (ALRP) dan sebagian gas. ALRP yang terbentuk selanjutnya akan menurunkan pH di usus besar dan akan meningkatkan kelarutan mineral [5].

Umbi Yacon dapat diolah menjadi produk makanan seperti selai, sirup, teh dan minuman herbal. Dalam proses pengolahan dapat mengurangi efek positif dari pangan tersebut. Hal itu disebabkan proses penyimpanan buah setelah pasca panen dan proses perebusan. Lama penyimpanan Umbi Yacon pasca panen dapat mengurangi ketersediaan FOS akibat dari enzim Fructan Hydrolase (FH) pada Umbi Yacon yang dapat menghidrolisis kandungan gula oligosakarida (FOS) menjadi gula pereduksi untuk mempercepat proses pematangan [6]. Untuk lama perebusan dapat

mengurangi ketersediaan FOS akibat dari pemutusan ikatan α dan β sehingga nilai gula pereduksi yang didapat semakin tinggi [7].

Hal tersebut dapat menjadi informasi bagi para produsen dalam proses pengolahan terutama perebusan dan penyimpanan agar menjaga efek positif FOS dalam Umbi Yacon sebagai bahan pangan yang dapat meningkatkan penyerapan mineral Mg dan Zn sehingga manusia tidak mengalami defisiensi mineral Mg dan Zn.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari dua tahap, tahap 1 adalah Karakterisasi FOS dari hasil isolasi Umbi Yacon yang telah diberi 3 perlakuan dengan variasi lama penyimpanan dan lama perebusan yaitu FOS LS 0m-LP 0'; LS 1m-LP 30'; LS 2m-60' menggunakan spektrofotometri IR. Tahap 2 hewan coba dibagi menjadi 1 kelompok pakan standart dan 9 kelompok pakan perlakuan. Pakan perlakuan tinggi serat pangan mengandung Umbi Yacon variasi lama simpan dan lama perebusan 0minggu-0menit; 0minggu-30menit; 0minggu-60menit; 1minggu-0menit; 1minggu-30menit; 1minggu-60menit; 2minggu-0menit; 2minggu-30menit; 2minggu-60menit. Kemudian dilakukan analisis bioavailabilitas Zn dan Mg dengan perhitungan selisih kadar mineral terkonsumsi pada pakan dikurangi kadar mineral keluar pada feses.

Alat:

Gelas kimia, gelas ukur, labu ukur, pipet ukur, tabung reaksi, rak tabung reaksi, neraca, labu ukur, spatula, shaker, sentrifuge, penangas air, blender penghalus, neraca, tanur, cawan pengabuh, Spektrofotometer Infra Merah, dan AAS.

Bahan:

Sampel Umbi Yacon, Na_2SO_4 , Umbi Yacon berbagai perlakuan, tepung ikan, mineral, vitamin, maizena, tepung tulang, minyak, kasein, akuades, NaOH, etanol 50 %, aquabidest, KBr padat, Sampel feses, HCl

pekat, HNO₃ pekat, akuadem, HCl 0,1M, Serbuk Zn dan Mg.

PROSEDUR PENELITIAN

Persiapan Sampel Yakon

Umbi Yakon sebelumnya diberi perlakuan lama penyimpanan sesuai variabel yang digunakan yaitu 0 minggu, 2minggu dan 4 minggu. Kemudian Umbi Yakon dicuci bersih lalu dipotong-dipotong kecil. Selanjutnya Umbi Yakon yang dipotong-potong tersebut dilakukan perebusan menggunakan aquades pH 7 dengan waktu 0 menit, 30 menit dan 60 menit dengan suhu kontrol 100°C. Setelah itu Umbi Yakon dibagi menjadi 9 kelompok sesuai dengan perlakuan masing-masing P₀,P₁,P₂....., P₉. Untuk masing-masing perlakuan ditimbang sebanyak 350 gram dihaluskan dengan blender, lalu dicampurkan dengan bahan pakan lain seperti tepung terigu, susu skim, tepung ikan, tepung tulang, vitamin, maizena dan minyak. Setelah itu pakan dikeringkan dan dicetak.

Isolasi FOS dari Umbi Yakon

Ditimbang sebanyak 5 gram daging Yakon yang telah diberi perlakuan lama penyimpanan dan lama perebusan yaitu LS 0 minggu-LP 0 menit ; LS 1 minggu-LP 30 menit ; LS 2minggu-60 menit. Selanjutnya dihomogenkan dengan blender. Setelah itu ditambahkan dengan 50 ml etanol dan disentrifugasi menggunakan 6000g selama 15 menit [8].

Karakterisasi FOS

Supernatan yang diperoleh selanjutnya di vakum menggunakan evaporator dengan suhu 50°C. Residu dilarutkan dengan 50 ml aquabides. Kemudian padatan digunakan untuk identifikasi FOS menggunakan Spektrofotometri Infra Merah.

Penentuan Kadar Zn Pakan dan Feses

Penentuan kadar Mg dan Zn pada pakan dan feses dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS), dengan pengabuan kering yaitu sampel disetruksi dengan tanur pada suhu 500-600°C dan dengan penambahan asam kuat [9].

HASIL DAN PEMBAHASAN

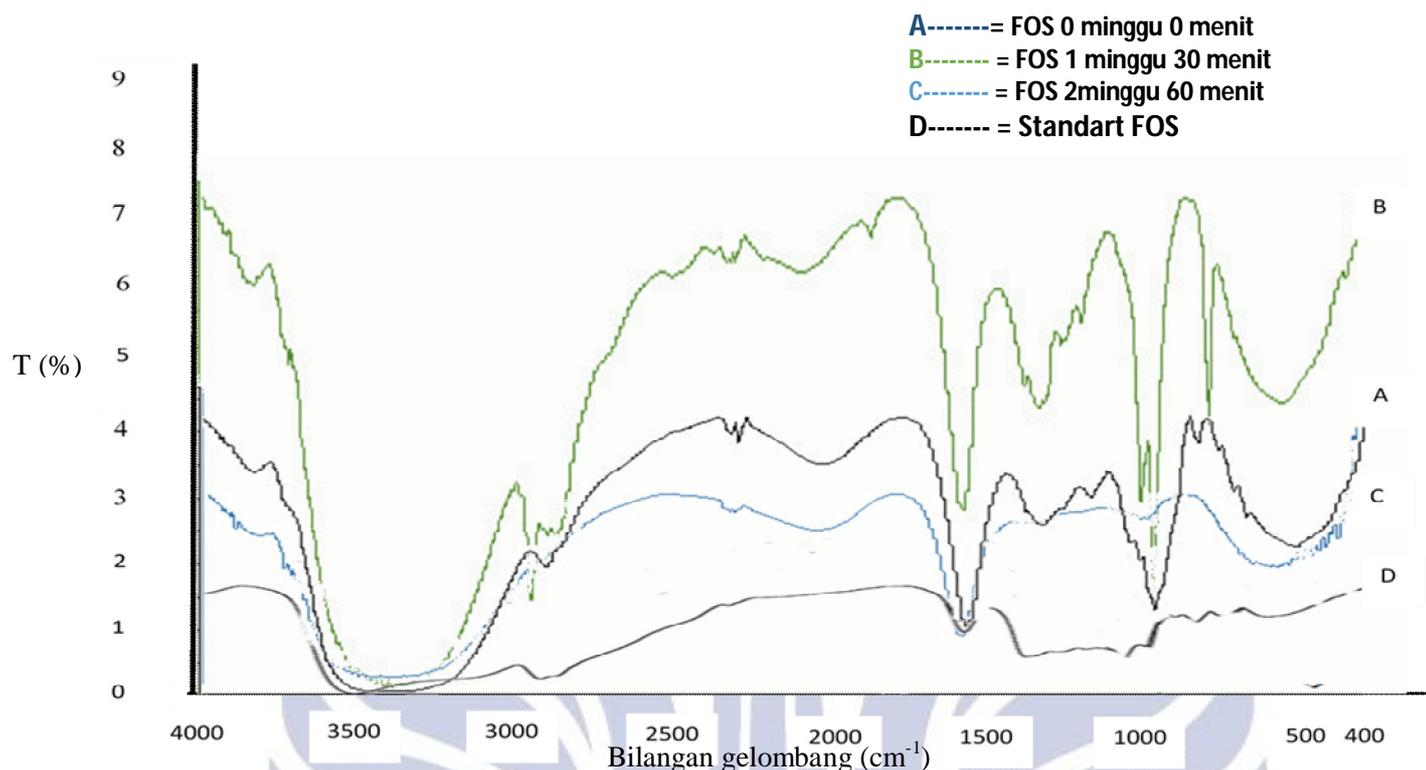
Isolasi FOS

Pada penelitian ini identifikasi senyawa FOS dilakukan dengan metode Jaime [8]. Fungsional penambahan etanol adalah untuk mengikat senyawa FOS dari daging karena sifat senyawa FOS lebih larut dalam pelarut polar. Tujuan dari sentrifugasi adalah memisahkan senyawa FOS dengan senyawa lain, dimana senyawa FOS dan golongan monosakarida, akan berada pada filtrate, sedangkan senyawa lain seperti protein, fiber dan lipid akan berada padaresidu. Hal ini dikarenakan senyawa FOS dan golongan monosakaridanya mempunyai berat molekul yang lebih ringan dan golongan monosakarida yang lebih larut dalam air.

Selanjutnya supernatant atau filtrat dari hasil sentrifugasi diambil dengan cara envakum agar filtrat yang masih berada pada endapan dapat terambil sehingga didapatkan filtrate yang lebih banyak.Selanjutnya filtrat dievaporasi untuk memisahkan senyawa FOS dan golongan monosakarida dengan etanol.

Etanol dan air akan terevaporasi terlebih dahulu karena mempunyai titik didih yang lebih rendah dibanding senyawa FOS dan golongan monosakaridanya. Selanjutnya filtrat dari hasil evaporasi diuji menggunakan spektrofotometri IR.

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan hasil analisa FTIR senyawa FOS dari masing masing perlakuan yaitu 0minggu-0 menit, 1 minggu-30 menit, 2 minggu-60 menit. Berdasarkan overlay ketiga spektrum diatas terdapat 5 daerah serapan yang memiliki lembah tajam,yaitu pertama pada daerah serapan 873-939 cm⁻¹, kedua 1100-1159 cm⁻¹, ketiga 1250-1405 cm⁻¹. Keempat pada daerah 1403-1600 cm⁻¹ yang. dan terakhir pada daerah 2930-2950 cm⁻¹

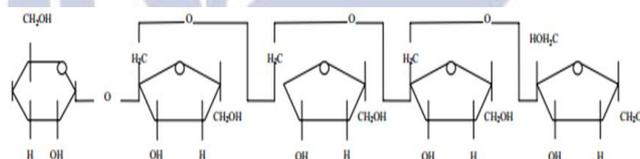


Gambar 1. Hasil interpretasi IR senyawa FOS

Berdasarkan 3 spektrum tersebut ternyata memiliki daerah serapan yang identik dengan spektrum Standart karena gugus-gugus fungsional yang menyerap panjang gelombang infra merah pada spektrum FOS perlakuan sama dengan gugus-gugus fungsional spektrum standart FOS.

Hal tersebut diperkuat dengan bentuk struktur senyawa FOS yang dapat dilihat pada Gambar 2. Senyawa Fruktooligosakarida memiliki gugus fungsional yang khas dari senyawa turunan sakarida lain yaitu ikatan C-O, ikatan β -pada C aromatik, ikatan C=C, ikatan C-H dan ikatan C-OH.

Senyawa FOS memiliki daerah serapan yang karakteristik pada spektrofotometri FTIR antara lain daerah serapan pada 1158 cm^{-1} yang menunjukkan ulur gugus hidroksil (O-H), kemudian pada daerah 939 cm^{-1} yang menunjukkan daerah ikatan β pada C aromatik [9].



Gambar 2. Struktur Senyawa FOS

Senyawa turunan sakarida memiliki 3 daerah serapan gelombang infra merah yaitu pada daerah $3000\text{-}2700\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus ulur C-C yaitu CH_2 . Kemudian pada daerah $1200\text{-}900\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus ulur C-C, C-O, C-O-C dan C-OH yang merupakan gugus khas penyusun oligosakarida. Pada daerah $900\text{-}600\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan daerah serapan ikatan α dan β dengan gugus aromatik [10].

Tabel 1. Daerah Interpretasi IR

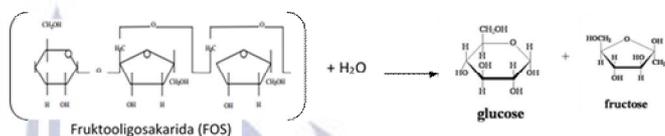
Gugus serapan	FOS 0M;0' (cm ⁻¹)	% T	FOS 1M;30' (cm ⁻¹)	% T	FOS 2M;60' (cm ⁻¹)	% T
B-D-Fructose	880.17	3.84	924.36	3.90	-	-
Vibrasi ulur C-OH	1087.71	1.33	1059.4	2.82	1072.4	2.45
Vibrasi Ulur C-O siklik	1405.9	2.60	1406.6	4.16	-	-
Vibrasi ulur C-OH siklik	1638.51	1.07	1638.3	2.72	1638.2	0.68
Vibrasi ulur C-H	2930.01	1.95	2939.7	2.34	-	-

Berdasarkan Tabel 1 dari ketiga spektrum terjadi kenaikan nilai transmitansi pada lembah-lembah yang terbentuk di masing-masing perlakuan. Kenaikan nilai transmitansi menunjukkan berkurangnya intensitas gugus fungsional dalam menyerap panjang gelombang Infra Merah. Secara keseluruhan pada spektrum FOS 0minggu-0menit menunjukkan nilai transmitansi yang terendah di tiap daerah lembah spektrum dibandingkan dengan spektrum FOS 1minggu -30 menit dan spektrum FOS 2 minggu-60 menit. Kenaikan nilai transmitansi tersebut disebabkan karena adanya perlakuan yang diberikan pada FOS yaitu lama perebusan dan lama penyimpanan.

Proses pemasakan dengan suhu tinggi dan dengan rentang waktu yang lama pada medium air dapat mempengaruhi ketersediaan FOS. Sakarida dengan rantai panjang seperti polisakarida dan oligosakarida dapat terhidrolisis menjadi gula-gula sederhana akibat pemanasan.

Dalam proses hidrolisis tersebut glukosa akan lepas terlebih dahulu sebelum fruktosa karena glukosa terikat pada ikatan α -D-anomer sedangkan pada fruktosa terikat pada β -D-anomer. Ikatan α -D-anomer lebih mudah terhidrolisis dibanding β -D-glikosida. Peningkatan temperatur juga akan semakin meningkatkan laju hidrolisis glikosida,

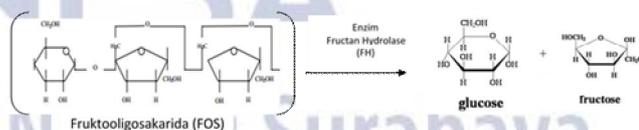
meskipun ikatan β -D-glikosida terhidrolisis lebih lambat dibanding ikatan α -D-anomer. Dalam oligosakarida, laju hidrolisis berarti mengurangi proporsi derajat asosiasi antara molekul-molekul polisakarida



Gambar 3. Reaksi Hidrolisis FOS akibat pemanasan

Selain itu perlakuan penyimpanan juga berpengaruh terhadap ketersediaan FOS pada Umbi Yakon. FOS akan terhidrolisis menjadi gula-gula penyusunnya yaitu glukosa dan fruktosa. Hidrolisis FOS tersebut terjadi karena adanya enzim Fructan Hydrolase (FH) yang terdapat di dalam Umbi Yakon.

Enzim Fructan Hydrolase (FH) tersebut diinduksi oleh gas etilen saat proses pematangan buah. Gas etilen akan menginduksi beberapa enzim di dalam buah salah satunya enzim Fructan Hydrolase (FH). Adanya sinyal dari gas etilen buah matang tersebut akan memberikan ekspresi berupa terinduksinya enzim-enzim. Dengan demikian, proses reaksi kimia pematangan buah akan berlangsung segera setelah enzim muncul di dalam buah mentah. Melalui reaksi kimia yang terjadi secara berangsur akan menyebabkan buah menjadi matang [11].



Gambar 4. Degradasi FOS akibat lama Penyimpanan

Bioavailabilitas Zn dan Mg

Bioavailabilitas mineral merupakan jumlah atau proporsi mineral dari pakan yang dapat diabsorpsi ke dalam tubuh. Penentuan bioavailabilitas mineral dilakukan dengan menghitung selisih antara jumlah Zn pada

pakan terkonsumsi dengan mineral pada feses yang dikeluarkan.

Untuk mengetahui kadarnya, dilakukan analisis pada sampel pakan dan feses *Rattus norvegicus*. Pengukurannya dilakukan dengan menggunakan AAS, kemudian kadarnya akan dikonversi dengan jumlah pakan yang terkonsumsi dan feses yang dikeluarkan. Pada penelitian tahap ini diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil analisis statistik Bioavailabilitas Zn

Perlakuan	Bioavailabilitas Zn	Bioavailabilitas Zn %	Nilai F,p
P ₁	1690.325	47.31	F = 11.151
P ₂	897.935	43.58	
P ₃	907.377	38.93	
P ₄	814.373	43.12	
P ₅	830.214	38.48	
P ₆	659.352	29.60	P = 0.02
P ₇	958.402	37.39	
P ₈	438.439	29.91	
P ₉	508.662	24.41	
P ₁₀	239.051	17.44	

Hasil uji ANAVA dua arah untuk interaksi antara perlakuan lama penyimpanan dengan lama perebusan terhadap bioavailabilitas Zn menunjukkan nilai $p \leq 0,05$, yaitu sebesar 0,002 dan nilai $F = 11.151$. Hal ini berarti H_0 ditolak dan H_1 diterima, dimana ada pengaruh lama penyimpanan dan lama perebusan terhadap bioavailabilitas Zn. Hasil yang sama ditunjukkan pada nilai signifikansi perlakuan lama simpan (LS) dan lama perebusan (LR) yaitu 0.000 atau $p \leq 0,05$ Hal itu menandakan masing masing perlakuan mempengaruhi bioavailabilitas Zn.

Untuk analisis interaksi antara perlakuan lama penyimpanan dengan lama perebusan terhadap bioavailabilitas Mg menunjukkan nilai $p = 0.000$ dan nilai $F = 261.923$ yang berarti $p \leq 0.05$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, dimana ada pengaruh lama penyimpanan dan lama perebusan terhadap bioavailabilitas Mg.

Hasil yang sama ditunjukkan pada nilai signifikansi perlakuan lama simpan (LS) dan

lama perebusan (LR) yaitu 0.000 atau $p \leq 0,05$ Hal itu menandakan masing masing perlakuan mempengaruhi bioavailabilitas Mg.

Tabel 3. Hasil analisis statistik Bioavailabilitas Mg

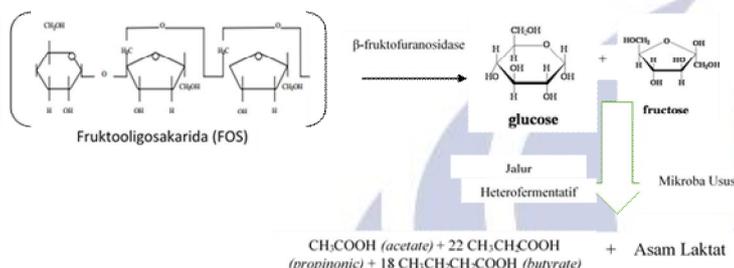
Perlakuan	Bioavailabilitas Mg	Bioavailabilitas Mg %	Nilai F,p
P ₁	1291.5	75.093	F = 46.71
P ₂	985.9	74.133	
P ₃	387.096	57.418	
P ₄	1856.534	63.032	
P ₅	1496.636	60.916	
P ₆	1043.573	55.520	P = 0.00
P ₇	859.288	52.986	
P ₈	388.916	38.487	
P ₉	311.871	33.725	
P ₁₀	126.061	22.0109	

Peningkatan waktu penyimpanan dan waktu perebusan mengurangi bioavailabilitas mineral Mg dan Zn. hal tersebut diakibatkan berkurangnya senyawa FOS. Senyawa FOS berperan penting dalam bioavailabilitas mineral. Senyawa FOS ketika masuk ke dalam sistem pencernaan tidak mengalami perubahan signifikan karena struktur spesifik (ikatan β -2-1). Enzim pencernaan manusia dan hewan hanya memiliki α -amilase oleh sebab itu senyawa FOS tidak dapat dihidrolisis oleh enzim pencernaan dan sampai ke usus besar dalam keadaan utuh.

Sesampainya di usus besar senyawa FOS akan dicerna oleh mikroba anaerob seperti *bifidobacteria* dan *lactobacillus*. Senyawa FOS akan didegradasi oleh enzim β -fruktofuranosidase menjadi monomer penyusunnya yaitu glukosa dan fruktosa. Glukosa dan fruktosa dari hasil degradasi tersebut masuk ke jalur heterofermentatif mikroba. Produk yang dihasilkan adalah asam lemak rantai pendek FOS difermentasi oleh bakteri menghasilkan produk berupa asam laktat dan asam lemak rantai pendek (asetat, propionat dan butirrat) [12].

Hasil heterofermentatif berupa asam lemak rantai pendek dan asam laktat menyebabkan terjadinya penurunan pH pada

daerah usus terutama pada daerah ileum dan kolon (usus besar). Pada pH rendah dapat merangsang jaringan epitel usus untuk meningkatkan daya serapnya. Disamping itu mineral yang masuk ke dalam ileum dan kolon akan lebih larut dalam usus sehingga lebih mudah diserap oleh sel usus mukosa.



Gambar 5. Skema pembentukan asam laktat dan asam lemak rantai pendek

Golongan Oligosakarida seperti FOS pada proses perebusan dengan suhu 93-94,5°C menunjukkan pertumbuhan mikroflora yang baik dibandingkan dengan FOS segar hal ini dikarenakan diduga gelatinisasi pati yang terjadi membantu mengeluarkan senyawa gula sederhana yang sebelumnya terkandung dalam matriks oligosakarida, sehingga lebih banyak fraksi oligosakarida yang dapat terekstrak [13].

Untuk pengaruh waktu penyimpanan pada umbi yacon akan menyebabkan hidrolisis oligosakarida oleh enzim amilase dari tanaman salah satunya enzim *Frukto Hydrolase* (FH) menjadi gula gula lebih sederhana. enzim *Frukto Hydrolase* distimulasi oleh gas etilen yang keluar saat proses pematangan buah. Oleh sebab itu saat FOS terhidrolisis menjadi glukosa dan fruktosa maka lebih dapat dicerna oleh enzim pencernaan bagian atas sehingga tidak meningkatkan penyerapan mineral Mg dan Zn [6].

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas, maka disimpulkan bahwa: Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas, maka disimpulkan bahwa :

1. Identifikasi senyawa FOS dilihat dari gugus fungsional hasil inteprentasi senyawa Infra Merah yaitu β -D-Fructose pada daerah 873-939 cm^{-1} , C-OH pada daerah 1158 cm^{-1} , C-O siklik pada daerah 1250-1405 cm^{-1} , C-OH siklik 1400-1600 cm^{-1} dan C-H 2930 cm^{-1} . Gugus fungsional tersebut sesuai dengan senyawa Fruktooligosakarida (FOS).
2. Terdapat pengaruh variasi perlakuan lama penyimpanan dan lama perebusan Umbi Yacon secara signifikan terhadap Bioavailabilitas Zn dan Mg. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan kenaikan waktu lama simpan dan lama perebusan Umbi Yacon dapat menurunkan ketersediaan FOS. Penurunan senyawa FOS akan menurunkan Bioavailabilitas Zn dan Mg. Nilai tertinggi didapatkan pada pakan umbi yacon tanpa penyimpanan dan tanpa perebusan

Saran

Perlu dilakukan penelitian mengenai bioavailabilitas mineral lain selain Zn dan Mg.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ivan, 2005, *Yacon Syrup : Principles and Processing*, Centro International de La pepa : Lima Peru.
2. Franck, A. 2002. *Technological Functionality of Inulin and Oligofructose*. *British Journal of Nutrition*. Volume 87. CABI Publishing, UK.
3. Katharina. 2002. *Inulin, oligofructose and mineral metabolism — experimental data and Mechanism*. Germany. *British Journal of Nutrition* (2002), 87, Suppl. 2, S179–S186: Institute of Physiology and Biochemistry of Nutrition, Federal Dairy Research Centre.

4. Yuanita, Leny dkk.. 2010. *Isolasi, Pemurnian dan Karakterisasi Fitase Bacillus subtilis Dari Holiwood Gresik*. Surabaya Indo. J.Chem., 2005, Vol (3), 245 - 250: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya.
5. Katharina. 2007. *Inulin and Oligofructose and Mineral Metabolism: The Evidence from Animal Trials*. Germany.J. Nutr. Vol 137: 2513S–2523S: Institute of Physiology and Biochemistry of Nutrition, Federal Research Centre.
6. S. Graefe, *Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes*, Vol 86 (2004) 157–165: International Potato Center, Lima Peru.
7. Glibowski, P. 2011. *The effect of pH, temperature and heating time on inulin chemical stability*. Poland. Aliment. Vol 10(2) 2011, 189-196:University of Life Sciences in Lublin.
8. James, 2000, *Divalent Cation Metabolism*, Chapter 5.
9. Protonotariou.S.V, dkk. 2010. *Determination of fructooligosaccharides (FOS) with FT-IR in cereals*. Their impact as substitute sweeteners in starch based desserts. Greece : Agricultural University of Athens.Leonhard-Marek.
10. Grube.M. dkk. 2002. *Infrared spectra of some fructans*. Latvia. Vol 16 (2002) 289–296 : Institute of Microbiology and Biotechnology, University of Latvia, Kronvalda blvd.
11. Matto, A.K., T. Murata, E.B. Pantastico, K. Chachin, K. Ogata and C.T. Phan. 1975. *Chemical changes during ripening and senescence*. In: Pantastico E.B. (ed.). *Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and sub-tropical fruits and vegetables*. AVI Publishing, Westport, Connecticut, USA.
12. Roberfroid M. 2007 *Prebiotics: the concept revisited*. Belgium. 93, Suppl. 1, S13–S25 : British Journal of Nutrition
13. Hernawati. 2010. *Peranan magnesium pada hewan dan manusia*. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia.