

**PENGARUH SIRUP UMBI YAKON TERHADAP BIOAVAILABILITAS FE (ZAT BESI)
RATTUS NORVEGICUS
THE EFFECT OF YACON ROOTS SYRUP TO FE BIOAVAILABILITY (IRON) RATTUS
NORVEGICUS**

Alif Wildan Mohammad dan Leny Yuanita*

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

**Corresponding author, email : Lenyyuanita@unesa.ac.id*

Abstrak. Sirup umbi yakon merupakan produk olahan dengan kandungan FOS yang tinggi. FOS merupakan senyawa prebiotik yang dapat meningkatkan produksi SCFA. SCFA dapat menyebabkan pH dalam kolon menurun yang berakibat pada meningkatnya bioavailabilitas Fe. Tujuan penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh suplemen sirup umbi yakon terhadap bioavailabilitas Fe dan hubungan SCFA dengan bioavailabilitas Fe. *R. norvegicus* sebanyak 43 ekor dibagi menjadi 3 kelompok perlakuan yaitu kelompok asupan suplemen sirup umbi yakon, FOS komersial, dan air dengan lama perlakuan 48 hari. Feses dari masing-masing kelompok didestruksi kering kemudian diuji dengan menggunakan AAS untuk mengetahui kadar Fe. Data dianalisis melalui uji Anova one way, uji post hoc, dan uji korelasi Pearson product moment dengan derajat signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan nilai signifikansi sirup umbi yakon terhadap bioavailabilitas Fe adalah sebesar 0.034 dan SCFA terhadap bioavailabilitas Fe memiliki koefisien korelasi sebesar 0.834. Hal ini dapat diartikan 1) suplementasi sirup umbi yakon dapat meningkatkan dan berpengaruh secara signifikan terhadap bioavailabilitas Fe. 2) Terdapat hubungan yang kuat antara kadar total SCFA dan presentase rata-rata bioavailabilitas Fe. Semakin tinggi kadar SCFA dalam kolon maka semakin tinggi bioavailabilitas Fe.

Kata kunci : *bioavailabilitas Fe, FOS, umbi yakon, SCFA*

Abstract. Yacon roots syrup is a processed product with high FOS content. FOS is a prebiotic compound that can increase the production of SCFA. SCFA can cause the pH in the colon to decrease which results in the bioavailability of Fe. The purpose of this research were to determine the effect of Yacon roots syrup supplementation on the bioavailability of Fe and the relationship between SCFA and Fe bioavailability. There were 43 *R. norvegicus* that divided into 3 treatment groups, namely the intake of yacon roots syrup supplements, commercial FOS, and water with a treatment duration of 48 days. The feces from each group were dry digested and then tested using SSA to determine the Fe content. Data were analyzed through the Aova one way, post hoc, and Pearson product moment correlation with a significance degree of 5%. The results showed that the significance value of Yacon roots syrup on Fe bioavailability was 0.034 and SCFA for Fe bioavailability had a coefficient correlation of 0.834. This can be interpreted yacon roots syrup supplementation could increase and significantly affect the bioavailability of Fe and there is a strong relationship between total SCFA levels and the average percentage of Fe bioavailability. The higher the SCFA levels in the colon, the higher the bioavailability of Fe.

Key words : *Fe bioavailability, FOS, yacon roots, SCFA*

PENDAHULUAN

Yakon (*S. sonchifolius*) adalah tanaman dari famili *Asteraceae* yang berasal dari wilayah Andes di Amerika Selatan. Kandungan umbi yakon sebagian besar terdiri dari air dan karbohidrat. Kadar air biasanya melebihi 70% dari berat segar sedangkan bahan kering komponen utamanya (40-70%) adalah fruktooligosakarida (FOS) [1,2].

FOS merupakan polisakarida rantai pendek atau menengah yang secara alami tersusun atas 2-10 unit monomer fruktosa dan satu monomer glukosa [3]. FOS merupakan prebiotik sehingga tidak dapat dicerna oleh enzim usus halus melainkan difermentasi di usus besar oleh bakteri probiotik seperti *Bifidobacteria* dan *Lactobacillus* menghasilkan SCFA (*Short Chain Fatty Acid*) [4]. Asupan kaya FOS dapat meningkatkan SCFA yang berakibat pada rendahnya pH dalam kolon [5]. pH rendah dapat menyebabkan vili usus halus semakin tinggi dan padat sehingga permukaan absorpsi akan semakin luas [6,7]. Hal ini menyebabkan bioavailabilitas Fe meningkat.

Zat besi atau Fe merupakan mineral yang tersedia dalam konsentrasi tinggi pada hemoglobin manusia [8]. Asupan prebiotik dapat menjadi salah satu solusi untuk mengatasi malabsorpsi besi dan anemia. Menurut Freitas [9] asupan prebiotik dapat meningkatkan penyerapan Fe yang ditandai dengan meningkatnya hemoglobin dalam darah tikus. Fe yang telah diserap dalam tubuh dapat disimpan dalam ferritin, atau bisa juga ditranspor ke dalam plasma melalui protein pengangkut basolateral [10].

Umbi yakon memiliki potensi besar untuk menjadi produk olahan yang menguntungkan, salah satunya adalah sirup [11]. Sirup yakon mengandung sekitar 40-50% FOS dengan karakteristik fisik dan sensorik yang mirip dengan madu atau sirup tebu [12]. Hal ini membuat sirup yakon menghasilkan efek kesehatan yang salah satunya bermanfaat pada wanita menopause obesitas dengan resistensi inulin [13]. Berdasarkan penelitian Yuanita [14]

sirup yakon juga dapat meningkatkan sistem imun seluler dan humoral pada *R. norvegicus*.

Berdasarkan latar belakang maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan suplemen sirup umbi yakon terhadap bioavailabilitas mineral Fe. Pada penelitian ini digunakan *R. norvegicus* sebab tidak dapat muntah, makanan dan lingkungan yang lebih mudah dikontrol, dan organ pencernaan yang sama seperti manusia sehingga memperkecil terjadinya bias. Pada penelitian ini dilakukan variasi yaitu sirup umbi yakon, FOS komersial, dan air. Diharapkan dari penelitian ini didapat informasi mengenai manfaat umbi yakon sebagai bahan pangan fungsional dan sebagai pengantar untuk mencegah penyakit anemia defisiensi besi.

METODE PENELITIAN

Bahan

Pakan standar dari PT Charoen Pokpand Indonesia, air, sekam padi, suplemen sirup umbi yakon dari Magetan dan FOS komersial, akuades, HNO₃ pekat dari Merck, HCl peka dari Sigma Aldrich, HCl 0,5 N dari Sigma Aldrich.

Alat

Bak plastik, anyaman besi, tempat air minum untuk hewan coba, Rak kayu, timbangan digital, spet 5 mL, labu volumetrik 50 mL merk Pyrex Iwaki, cawan porselin, tabung reaksi merk herma, oven, kompor listrik, neraca analitik, tanur, AAS merk Shimadzu Type AA-7000.

PROSEDUR PENELITIAN

Pembuatan sirup yakon

Umbi yakon segar dikupas dan dipotong kecil kecil, kemudian diblender hingga halus. Dilanjutkan dengan penyaringan, lalu sampel dievaporasi. Kemudian disaring kembali dan dilanjutkan dengan freeze dryer selama ± 6 jam hingga sirup mengental [14].

Persiapan hewan coba

Tikus putih *R. norvegicus* jantan dengan berat badan 150-200 gram sebanyak 43 ekor dibagi menjadi 3 kelompok sampel. Kelompok pertama (P1) diberi perlakuan asupan suplemen sirup umbi yakon sebanyak 3 mL/hari, kelompok kedua K(+) diberi perlakuan asupan suplemen

FOS komersial yang dikonsumsi sebanyak 4 mL/hari, dan kelompok ketiga K(-) diberi perlakuan asupan suplemen air sebanyak 4 mL/hari. Kadar suplemen FOS komersial setara dengan FOS dalam sirup umbi yakon. Selama pemeliharaan hewan coba ditempatkan dalam bak plastik kemudian ditutup dengan anyaman besi. Ruangan dikondisikan pada suhu 25°C. Pemberian makan hewan coba dilakukan sehari sekali dan pemberian minum secara *ad libitum*. Perlakuan ini dilakukan selama 48 hari dengan pengambilan feses dan sisa pakan pada hari ke-6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, dan 48.

Penentuan kadar air

Feses hewan coba sebanyak ± 1 gram dimasukkan dalam cawan porselin yang telah dikeringkan dan diketahui bobotnya. Sampel dimasukkan dalam oven dengan suhu hingga 105°C selama 3 jam, sampel didinginkan dengan eksikator lalu di timbang. Perlakuan dilakukan secara berulang hingga diperoleh berat konstan. Kadar air dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{kadar air} = \frac{W2 - W3}{W1} \times 100\%$$

W2 merupakan bobot cawan ditambah bobot sampel awal, W3 merupakan bobot cawan ditambah bobot sampel akhir, dan W1 adalah W2 dikurangi bobot cawan [15]

Destruksi sampel

Feses hewan coba sebanyak 1 gram dimasukkan dalam cawan porselin kemudian ditanur pada suhu 450°C selama $\pm 1,5$ jam. Sampel

ditambahkan 10 tetes aquabides bebas Fe lalu ditambahkan 3-4 mL HNO₃ pekat kedalam cawan yang telah didinginkan. Sampel dalam cawan dipanaskan hingga tidak berasap. Sampel yang telah kering ditanur kembali dengan suhu 450°C selama ± 1 jam. Cawan didinginkan untuk ditambah 10 mL HCl pekat kemudian dipindahkan kedalam labu ukur 50 mL dan ditambahkan HCl 0,5 N hingga tanda batas [15].

Analisis Fe dengan AAS

Penentuan konsentrasi Fe dilakukan pada panjang gelombang 248,3 nm menggunakan spektrofotometer serapan atom yang dikalibrasi dengan larutan Fe standar dengan konsentrasi 0, 1, 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm. Bioavailabilitas Fe dihitung menggunakan rumus [16] :

$$\text{bioavailability Fe} = I - F$$

I merupakan jumlah Fe dalam pakan yang dikonsumsi dan F merupakan jumlah Fe dalam feses.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bioavailabilitas Fe

Bioavailabilitas mineral merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan jumlah mineral dari pakan yang dapat diabsorpsi oleh tubuh. Presentase bioavailabilitas Fe ditentukan berdasarkan jumlah mineral Fe pada pakan yang dikonsumsi dengan jumlah mineral Fe pada feses yang dikeluarkan [16]. Kadar mineral Fe dapat diketahui dengan cara analisis feses dan pakan sisa hewan coba. Data bioavailabilitas mineral Fe dari masing-masing perlakuan kelompok sampel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase Bioavailabilitas Fe (%)

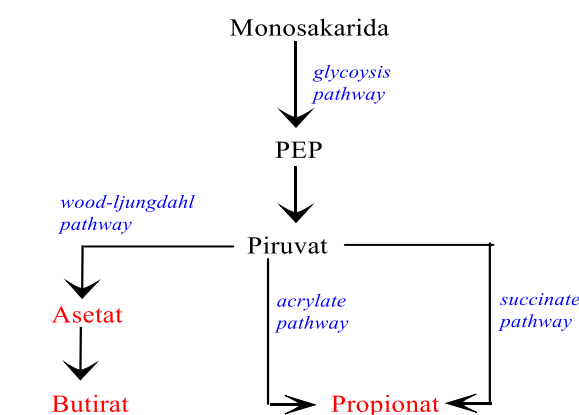
Kelompok	Hari ke								Rata-rata* (%)
	6	12	18	24	30	36	42	48	
K(+)	82.7	89.96	80.29	84.94	82.00	84.55	86.25	88.09	84.48 ^a
P1	81.88	83.40	82.27	82.26	80.66	83.53	87.45	88.74	83.77 ^{ab}
K(-)	83.72	80.80	81.68	77.36	80.27	82.62	86.31	84.30	82.07 ^b

$$p = 0.034$$

Keterangan*: Perbedaan huruf pada kolom menunjukkan perbedaan signifikan antar kelompok

Berdasarkan uji statistik, data terdistribusi normal kemudian dilanjutkan dengan uji Anova *one way* dan *post hoc*, LSD. Hasil uji menunjukkan nilai signifikan ($p < 0,05$). Hal ini dapat diartikan adanya pengaruh penambahan suplemen sirup umbi yakon terhadap bioavailabilitas Fe hewan coba. Tabel 1 menunjukkan adanya peningkatan bioavailabilitas kelompok K+ dari hari ke-6 hingga hari ke-48 mencapai 5,39 %, peningkatan kelompok P1 mencapai 6,86 %, dan pada K- mengalami penurunan bioavailabilitas sebesar 0,58 % dengan rata-rata bioavailabilitas tiap kelompok berturut-turut sebesar 84,48 %, 83,37 %, dan 82,07 %. Hasil ini menunjukkan adanya peningkatan penyerapan mineral Fe yang disebabkan oleh penambahan suplemen sirup yang mengandung senyawa FOS. Hal tersebut sejalan dengan penelitian dibuat oleh Ohta [17] yang menyatakan bahwa FOS dapat meningkatkan ketersediaan hayati heme Fe pada tikus.

Peningkatan bioavailabilitas mineral Fe disebabkan kandungan senyawa FOS yang dikonsumsi oleh hewan coba. Senyawa FOS memiliki struktur spesifik (Ikatan β 1-2) sehingga menyebabkan senyawa ini tidak dapat dicerna dalam usus halus melainkan difermentasi oleh mikroba anaerob seperti *Bifidobacteria* dan *Lactobacillus* dalam usus besar. enzim β -fruktosidase yang dihasilkan oleh bakteri *Bifidobacteria* dan *Lactobacilli* akan mendegradasi FOS menjadi glukosa dan fruktosa. Monosakarida hasil degradasi kemudian masuk dalam jalur *Embden-Meyerhof-Parnas* atau biasa disebut glikolisis dan jalur pentosa-fosfat untuk diubah menjadi phosphoenol piruvat (PEP) [18]. Selanjutnya piruvat yang terbentuk akan diubah menjadi SCFA melewati 3 jalur utama yaitu *Acrylate Pathway*, *Succinate Pathway*, dan *Wood-Ljungdahl Pathway*. Produk akhir yang dihasilkan dari proses fermentasi FOS adalah SCFA (*Short Chain Fatty Acid*) seperti asetat, propionate, dan butirat [18]. Proses terbentuknya monosakarida menjadi SCFA dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Proses pembentukan FOS menjadi SCFA .

SCFA dalam kolon khususnya butirat menyebabkan proliferasi sel epitel usus yang berdampak pada vili usus halus menjadi semakin tinggi dan padat sehingga terjadi perluasan permukaan absorpsi [6,7,19]. Menurut Freitas [9] SCFA juga menyebabkan pH dalam kolon turun sehingga membuat Fe sulit untuk membentuk kompleks dengan zat *antinutrient* dan SCFA dapat mempertahankan mineral Fe tetap dalam bentuk larutan. Hal ini menyebabkan Fe lebih mudah diserap oleh kolon.

Mineral besi yang telah diserap dapat disimpan dalam ferritin atau dapat juga ditranspor ke dalam plasma darah melalui protein pengangkut basolateral [21]. Berdasarkan penelitian Tako [22] juga disebutkan mengkonsumsi prebiotik dapat meningkatkan aktifitas gen pengangkut dan reseptor besi seperti ferritin, DMT1, Dcytb, ferroportin dan reseptor transferritin (Tfr).

Uji kadar SCFA

Kadar SCFA total dalam hal ini asetat, propionat, isobutirat, butirat, dan valerat selama perlakuan masing-masing kelompok sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar SCFA [14]

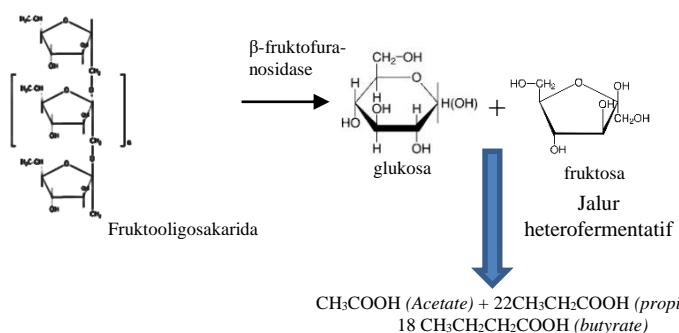
Kelompok	Kadar rata-rata SCFA (g/l)
K (+)	227.129 ^a

P1	298.678 ^a
K (-)	57.757 ^b
P = 0.000	

Keterangan*: Perbedaan huruf pada kolom menunjukkan perbedaan signifikan antar kelompok

Uji ANOVA satu arah menunjukkan hasil $p < 0.05$ dengan nilai signifikan 0.000. Hal tersebut dapat diartikan terdapat pengaruh penambahan suplemen sirup umbi yakon terhadap kadar SCFA dalam kolon hewan coba. Pada Tabel 2 dapat dijelaskan Kelompok sirup prebiotik umbi yakon (P1) memiliki kadar rata-rata SCFA tidak signifikan terhadap kelompok FOS komersial. Hal ini disebabkan kadar FOS dalam sirup umbi yakon (P1) setara dengan FOS komersial K(+). Kelompok sirup prebiotik umbi yakon memiliki kadar rata-rata sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok FOS komersial dikarenakan terdapat senyawa prebiotik lain yaitu inulin yang mana juga difermentasi oleh bakteri kolon untuk menghasilkan gas dan SCFA [23].

Adanya perbedaan yang signifikan pada kadar SCFA dalam kolon hewan coba dikarenakan adanya kandungan FOS dalam sirup umbi yakon dan FOS komersial. Senyawa FOS difermentasi oleh bakteri *Bifidobacteria* (*B. infantis*, *B. bifidum*, *B. Lactis*) dan *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. salivarius*, *L. acidophilus*) dalam usus besar dengan produk akhir SCFA [5]. Skema yang terjadi fermentasi FOS menjadi SCFA dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses pembentukan FOS menjadi SCFA [24].

Hubungan jumlah total SCFA dan Presentase Rata-rata Bioavailabilitas Fe

Kadar total SCFA dan presentase rata-rata bioavailabilitas Fe dari masing-masing kelompok sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Total SCFA dan Presentase Rata-rata Bioavailabilitas Fe

Kelompok	Kadar SCFA (g/l)	Rata-rata Bioavailabilitas Fe (%)
K (+)	227.129	84.48
P1	298.678	83.77
K (-)	57.757	82.07
Coefficient Corelation = 0.834		

Uji korelasi *Pearson product moment* menghasilkan koefisien sebesar 0.834. Hasil ini dapat diartikan adanya hubungan yang kuat antara kadar SCFA total pada kolon dan presentase rata-rata bioavailabilitas Fe. Hal ini terjadi karena vili usus halus menjadi semakin tinggi dan padat sebagai akibat dari meningkatnya produksi SCFA sehingga terjadi perluasan permukaan absorpsi [7,24]. SCFA juga membuat pH dalam usus besar turun yang menyebabkan Fe sulit membentuk kompleks dengan zat *antinutrient* seperti Polifenol, kalsium, dan fosfor [9]. Hal tersebut menyebabkan Fe lebih mudah diserap sehingga bioavailabilitas meningkat. Menurut Miller [26] Bioavailabilitas Fe dapat dipengaruhi oleh semua keadaan dalam periode pemberian pakan hingga kontak dengan mukosa namun kondisi pH merupakan faktor utama yang mempengaruhi bioavailabilitas Fe.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Suplementasi sirup umbi yakon dapat meningkatkan dan berpengaruh secara signifikan terhadap bioavailabilitas Fe.
2. Terdapat hubungan yang kuat antara kadar total SCFA dan presentase rata-rata bioavailabilitas Fe. Semakin tinggi kadar

SCFA dalam kolon maka semakin tinggi bioavailabilitas Fe.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ojansivu, Ilka; Ferreira, Celia Lucia; Salminen, Seppo;, 2011. Yacon, a new source of prebiotic oligosaccharides with a history of safe use. *Trends in Food Science & Technology*, pp. 40-46.
- [2] Lachman, J.; Ferndandez, E.C.; Orsak, M., 2003. Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use – a review. *Plant Soil Environ*, pp. 283-290.
- [3] Gibson G.R. and Wang X., 1994. Bifidogenic Properties of Different Types of Fructo-Oligosaccharides. *Food Microbiology*, pp. 491-498.
- [4] Delgado, Grethel T. C.; Cunha, Wirla M. D, et al., 2013. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): A Functional Food. *Plant Foods Hum Nutr*, pp. 222-228.
- [5] Campos , David; et al;, 2012. Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source. *Food Chemistry*, pp. 1592-1599.
- [6] Sakata, Takashi, 1987. Stimulatory effect of short-chain fatty acids on epithelial cell proliferation in the rat intestine : a possible explanation for trophic effects of fermentable fibre, gut microbes and luminal trophic factors. *British Journal of Nutrition*, pp. 95-103.
- [7] Hartono, Eko Fauzi; Iriyanti, Ning; Suhermiyati, Sri;, 2016. Efek Penggunaan Sinbiotik Terhadap Kondisi Miklofora dan Histologi Usus Ayam Sentul Jantan. *Agripet*, pp. 97-105.
- [8] Amalia, Ajeng; Tjiptaningrum, Agustyas;, 2016. Diagnosis dan Tatalaksana Anemia Defisiensi Besi. *Majority*, pp. 166-169.
- [9] Freitas , Karine de Cassia; Amancio, Olga M. S.; Morais, M. B. D.;; 2012. High-performance inulin and oligofructose prebiotics increase the intestinal absorption of iron in rats with iron deficiency anaemia during the growth phase. *British Journal of Nutrition*, pp. 1008-1016.
- [10] Mackenzie, Bryan; Garrick, Michael D.;; 2005. Iron Imports. II. Iron uptake at the apical membrane in the intestine.. *Am'J Physiol Gastrointest Liver Physiol*, pp. G981-G986.
- [11] Graefe, S.; Hermann, M.; Manrique, I.; et al;, 2004. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. *Field Crops Research*, Volume 86, pp. 157-165.
- [12] Manrique, Ivan; Parraga, Adelmo; Hermann , Michael;; 2005. *Yacon syrup: Principles and processing*. Lima: International Potato Center.Genta, Susana; Cabrera, Wilfredo; et al;, 2009. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clinical Nutrition*, Volume 28, pp. 182-187.
- [13] Genta, Susana; Cabrera, Wilfredo; et al;, 2009. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clinical Nutrition*, Volume 28, pp. 182-187.
- [14] Yuanita, L.; et al;, 2021. Natural Inhibitors to Increase the Antioxidant Activity of Yacon Tubers Syrup. *J. Phys. Conf.*, 1747(1), pp. 1-6.
- [15] Bodily., H. L.;; 1956. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 46(7), pp. 916-916.
- [16] Fairweather-Tait, Susan J.;; 1987. THE CONCEPT OF BIOAVAILABILITY AS IT RELATES TO IRON NUTRITION. *Nutrition research*, Volume 7, pp. 319-325

- [17] Ohta, Atsutane; 1995. Effects of Fructooligosaccharides on the Absorption of Iron, Calcium and Magnesium in Iron-deficient Anemic Rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol*, Volume 41, pp. 281-291.
- [18] Covian, David Rios; et al, 2016. Intestinal Short Chain Fatty Acids and their Link with Diet and Human Health. *Frontiers in Microbiology*, 7(185), pp. 1-9.
- [19] M. A., Yu Wang; et al; 2010. Fructooligosaccharides enhance the mineral absorption and counteract. *Nutrition*, Volume 26, pp. 305-311.
- [20] D., Bougle, 2002. Influence of Short-Chain Fatty Acids on Iron Absorption by Proximal Colon. *Taylor & Francis*, pp. 1008-1011.
- [21] Takeuchi, Ken; et al; 2005. Expression of iron absorption genes in mouse large intestine. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, Volume 40, pp. 169-177.
- [22] Tako, E.; et al; 2008. Dietary inulin affects the expression of intestinal enterocyte iron transporters, receptors and storage protein and alters the microbiota in the pig intestine. *British Journal of Nutrition*, Volume 99, pp. 472-480.
- [23] Roberfroid, Marcel B.; 2005. Introducing inulin-type fructans. *British Journal of Nutrition*, Volume 93, pp. S13-S25.
- [24] Koh, Ara; et al; 2016. From Dietary Fiber to Host Physiology: Short-Chain Fatty Acids as Key Bacterial Metabolites. *Cell*, Volume 165, pp. 1332-1345.
- [25] Yeung, Chi kong; et al; 2005. Prebiotics and Iron Bioavailability Is There a Connection?. *Journal of Food Science*, 70(5), pp. 89-92.
- [26] Miller, D. D.; Berner, L. A.; 1989. Is Solubility In Vitro a Reliable Predictor of Iron Bioavailability?. *Biological Trace Element Research*, Volume 19, pp. 11-23.