



ELISA DE ALMEIDA JACKIX

**“TAIOBA (*Xanthosoma sagittifolium*): COMPOSIÇÃO QUÍMICA E
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS *IN VIVO*.”**

**“TAIOBA (*Xanthosoma sagittifolium*): CHEMICAL COMPOSITION AND
EVALUATION OF ITS FUNCTIONAL PROPERTIES *IN VIVO*.”**

CAMPINAS
2013



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

ELISA DE ALMEIDA JACKIX

**“TAIOBA (*Xanthosoma sagittifolium*): COMPOSIÇÃO QUÍMICA E AVALIAÇÃO
DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS *IN VIVO*.”**

Orientador: Prof. Dr. Jaime Amaya Farfan

**“TAIOBA (*Xanthosoma sagittifolium*): CHEMICAL COMPOSITION AND
EVALUATION OF ITS FUNCTIONAL PROPERTIES *IN VIVO*.”**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Alimentos e Nutrição da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp para obtenção do título de doutora em Alimentos e Nutrição na área de concentração Nutrição Experimental Aplicada à Tecnologia de Alimentos.

Doctoral thesis presented to the Graduate Program in Food and Nutrition of School of Food Engineering of Unicamp to obtain the Ph.D. grade in Food and Nutrition in the area of concentration Experimental Nutrition and Nutrition Applied to Food Technology.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE
DEFENDIDA PELA ALUNA ELISA DE ALMEIDA JACKIX E
ORIENTADA PELO PROF. DR. JAIME AMAYA FARFAN

Prof. Dr. Jaime Amaya Farfan

CAMPINAS
2013
iii

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR CLAUDIA AP. ROMANO DE SOUZA –
CRB8/5816 - BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS –
UNICAMP

J129t Jackix, Elisa de Almeida, 1983
Taioaba (*Xanthosoma sagittifolium*): composição
química e avaliação das propriedades funcionais in vivo /
Elisa de Almeida Jackix. -- Campinas, SP: [s.n.], 2013.

Orientador: Jaime Amaya Farfan
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Taioaba. 2. *Xanthosoma sagittifolium*. 3. Fibra
dietética. 4. Colesterol. 5. Vegetais. 6. Ácidos biliares. I.
Amaya-Farfán, Jaime. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.
Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Taioaba (*Xanthosoma sagittifolium*): chemical composition and
evaluation of its functional properties in vivo

Palavras-chave em inglês:

Taioaba

Xanthosoma sagittifolium

Dietary fiber

Cholesterol

Vegetable

Bile acids

Área de concentração: Nutrição Experimental Aplicada à Tecnologia de
Alimentos

Titulação: Doutora em Alimentos e Nutrição

Banca examinadora:

Jaime Amaya Farfan [Orientador]

Félix Guillermo Reyes Reyes

Juliana Alves Macedo

Luciano Bruno de Carvalho da Silva

Semíramis Martins Álvares Domene

Data da defesa: 01-07-2013

Programa de Pós Graduação: Alimentos e Nutrição

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jaime Amaya Farfan
Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP
Orientador

Prof. Dr. Félix Guillermo Reyes Reyes
Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP
Membro Titular

Prof^a. Dr^a. Juliana Alves Macedo
Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP
Membro Titular

Prof. Dr. Luciano Bruno de Carvalho da Silva
Faculdade de Nutrição/UNIFAL - MG
Membro Titular

Prof^a. Dr^a. Semíramis Martins Álvares Domene
Universidade Paulista - UNIFESP
Membro Titular

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Lilia Zago Ferreira dos Santos
Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ
Membro Suplente

Prof. Dr. Mário Roberto Marostica Junior
Faculdade de Engenharia de Alimentos - UNICAMP
Membro Suplente

Dr^a. Vera Sônia Nunes da Silva
Centro de Ciência e qualidade de Alimentos - ITAL
Membro Suplente

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por todo apoio e incentivo durante o decorrer deste trabalho, em especial aos meus pais, que sempre se esforçaram pelo meu sucesso, pelo amor e por toda a formação dada até minha juventude, que me proporcionou a continuidade nos estudos até a chegada do doutorado.

Agradeço ao meu namorado Gustavo, por toda paciência, apoio e amor. Nos momentos mais difíceis, que não foram poucos nos últimos anos, você sempre me deu muita força e me fez acreditar que eu chegaria ao final desta jornada. Com toda certeza, essa vitória é nossa!

À colega e amiga Elisa Monteiro, com quem compartilhei o ensaio experimental e dividi muitas alegrias e frustrações durante todos os anos. Muito obrigada pelos ensinamentos, pelas longas e proveitosas discussões sobre o projeto e, principalmente, por sua amizade!

Ao professor Dr. Jaime Amaya Farfan pela orientação, paciência, ensinamentos e amizade durante os 8 anos em que trabalhamos juntos.

A toda equipe do laboratório CBO e, em especial, à Oneida Vieira, Alessandro Esteves, Lizandre Maia, Telma Nascimento e Viviane pela ajuda, discussões acerca das metodologias utilizadas, paciência e carinho.

Agradeço imensamente a Suzana Corrêa pela amizade, alegria e carinho, durante todos esses anos. Sem a sua ajuda, o caminho até aqui teria sido ainda mais difícil!

Aos colegas do Instituto de Biologia do Departamento de Biologia Estrutural e Funcional, em especial a minha amiga Helena Raposo e Emerielle Vanzela, por disponibilizarem o laboratório para execução das análises de colesterol, triacilgliceróis e insulina.

Aos meus amigos e colegas de laboratório, Carol, Éder, Carla, Cinthia, Pablo, Priscila e especialmente, às “supers”, Adriana, Giovana, Helena, Lílian e Mônica, e às minhas queridas amigas Juliana, Luana, Bruna e Iza pela amizade durante todo o projeto. A amizade e o apoio de colegas de trabalho (Mabel, Carolina, Kelly, Iza, Niurka, Sílvia) também foi fundamental para atingir essa conquista!

A querida professora e amiga Dr^a. Semíramis Domene, por toda ajuda, carinho e incentivo. À Marlene pela amizade, respeito e companheirismo. Sem vocês não estaria aqui hoje.

À empresa Orafit, por ceder a Inulina utilizada neste projeto e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Meus sinceros agradecimentos

Elisa

RESUMO GERAL

Diversos estudos têm sugerido que a ingestão frequente de vegetais reduz o risco de doenças crônicas não transmissíveis em função da presença de compostos como a fibra alimentar (FA) e demais substâncias bioativas associadas, os quais produzem efeitos positivos sobre a saúde humana. A FA inclui polissacarídeos não amiláceos, oligossacarídeos resistentes à digestão e lignina. Essas substâncias podem passar inalteradas pelo trato gastrointestinal ou serem fermentadas pela microbiota colônica, resultando em efeitos fisiológicos benéficos. A taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) é uma arácea comestível originária da América tropical e possui considerável valor nutritivo. A porção tuberosa é consumida por diversas populações em todo mundo, no entanto, o consumo de suas folhas é menos difundido. O objetivo deste estudo foi caracterizar parcialmente a fração fibrosa da folha de taioba liofilizada (FTL), e avaliar possíveis efeitos fisiológicos *in vivo* em ratos Wistar machos alimentados com dieta AIN 93G, ou hiperlipídica. As folhas de taioba foram cozidas em água, liofilizadas e quimicamente caracterizadas. Por meio de ensaio biológico foram avaliados os efeitos da FTL sobre a produção de ácidos graxos de cadeia curta, sobre o metabolismo de ácidos biliares (AB) e indicadores bioquímicos. A FTL apresentou teores de fibra alimentar total, solúvel e insolúvel de $35,23 \pm 0,26\%$, $6,82 \pm 0,06\%$ e $28,04 \pm 0,21\%$, respectivamente. A análise da composição monossacarídica mostrou que a glicose é o monômero mais abundante (61%), sugerindo a presença de celulose em grandes quantidades. Os animais alimentados com dieta AIN 93G contendo taioba apresentaram maior peso e excreção de gordura fecal, e melhores perfis de ABs, por diminuir a proporção de ABs secundários. Nos ratos alimentados com dieta hiperlipídica a adição de FTL resultou em menor ganho de peso corporal e gordura hepática, e maior peso e conteúdo de gordura nas fezes; além disso, observaram-se maiores concentrações de ácidos

graxos de cadeia curta e ABs fecais em comparação ao grupo controle, que recebeu baixos teores de fibra; também se observou menores concentrações de colesterol sérico e maior conteúdo de cinzas corporais nos grupos recebendo a FTL. Os resultados sugeriram que os componentes da folha de taioba possuem elevada capacidade de ligação com os ABs e alta fermentabilidade, indicando que a folha possui potencial para reduzir o risco de doenças cardiovasculares e câncer de cólon.

Palavras-chave: vegetais, taioba (*Xanthosoma sagittifolium*), colesterol, fibra dietética, propriedade funcional.

ABSTRACT

Several studies have suggested that frequent vegetable intake reduces the risk of coronary heart disease, diabetes, cancer and obesity due to the presence of compounds such as dietary fiber (DF) and other associated bioactive compounds, which exert positive effects on human health. DF includes non-starch polysaccharides, resistant oligosaccharides and lignin. These substances can pass unaltered through the gastrointestinal tract or be fermented by colonic microbiota, resulting in positive physiological effects. *Taioba* (*Xanthosoma sagittifolium*) is an edible aroid originated from tropical America that exhibits significant nutritive value. The tuberous portions are consumed by several populations worldwide, whereas the leafy portions of *Taioba* are generally discarded. The objective of this research was to partly characterize the DF of lyophilized *taioba* leaf (LTL), and to assess the possible *in vivo* physiological effects when fed to male Wistar rats receiving a normal AIN 93G diet, or a high-fat diet. *Taioba* leaves were boiled in water, lyophilized and chemically characterized. Biological evaluation was conducted to assess the effect of LTL on the intestinal short-chain fatty acid production, bile acid (BA) metabolism, and biochemical parameters. Total, soluble and insoluble dietary fiber contents in LTL were $35.23 \pm 0.26\%$, $6.82 \pm 0.06\%$ and $28.04 \pm 0.21\%$, respectively. Monosaccharide composition showed glucose as the main component (61%), suggesting the presence of cellulose. Animals fed the AIN 93G diets containing *taioba* leaf had increased fecal mass and fat excretion, in addition to improved BA profiles by diminishing the proportion of the secondary acids. In the rats fed the high-fat diet, the addition of LTL resulted in lower weight gain and liver fat concomitantly with higher fecal mass and lipids. Furthermore, these rats exhibited a higher fecal short chain fatty acid and bile salt concentration in the feces than the control group, which had a lower fiber intake. Additionally, lower serum cholesterol and higher body ash content were found in the

groups receiving the leaf. The results suggested that *taioba* leaves have compounds with high BA binding capacity and high fermentability. These properties indicate that the leaf has the potential of lowering the risk of colon cancer and cardiovascular disease.

Keywords: Vegetables, *Taioba* (*Xanthosoma sagittifolium*), cholesterol, dietary fiber, functional properties.

SUMÁRIO

Introdução geral	1
Artigo 1 (revisão bibliográfica): “Propriedades funcionais de vegetais e o efeito potencial da folha de Taioba (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) sobre a saúde”	4
Resumo.....	5
Abstract.....	6
Qualidade nutricional e propriedades funcionais de vegetais.....	7
Fibra Alimentar como componente de vegetais: definição e efeitos sobre a saúde.....	14
Fibra alimentar e o metabolismo dos ácidos biliares.....	19
Fibra alimentar: fermentação e produção de ácidos graxos de cadeia curta.....	23
Taioba (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>): caracterização da planta, composição nutricional e propriedades funcionais.....	26
Considerações finais.....	32
Referências.....	34
Artigo 2: “ <i>Taioba</i> (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>): nutrient composition and physiological effects on healthy rats”	40
Abstract.....	41
Introduction.....	42
Material and methods.....	44
Production and chemical composition of lyophilized <i>taioba</i> leaf (LTL).....	44
Qualitative analysis of LTL fiber.....	45
Animals and experimental procedures.....	45
Determination of total, HDL- and LDL-cholesterol, triacylglycerols and insulin.....	47
Determination of bile acids (BAs) in colon and cecum.....	48
Statistical analysis.....	48
Results and discussion.....	49
Chemical composition of lyophilized <i>taioba</i> leaf (LTL).....	49
Animals and experimental procedures.....	53
Conclusions.....	58
References.....	59
Artigo 3: “Cholesterol reducing and bile-acid binding properties of <i>taioba</i> (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) leaf in rats fed a high-fat diet”	64
Abstract.....	65
Introduction.....	66
Material and methods.....	68
Production of LTLs.....	68
Chemical composition of lyophilized <i>taioba</i> leaf.....	68

Animals and diets.....	68
Determination of total cholesterol, triglycerides, lipid fractions, insulin and the glucose tolerance test (GTT).....	69
Determination of total lipids in liver.....	71
Determination of fat, relative abdominal fat, fat-free mass, and ash in animal carcasses.....	71
Determination of short chain fatty acids (SCFA) in feces.....	71
Determination of bile acids (BAs) in feces.....	72
Statistical analysis.....	73
Results and discussion.....	73
Conclusions.....	82
References.....	83
Conclusão geral.....	88
Anexos (Protocolos da Comissão de Ética em Pesquisa).....	90 e 91

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Artigo 1:

Quadro 1. Experimentos, em animais e seres humanos, que demonstraram algum efeito de frutas e vegetais sobre a saúde.....9 e 10

Quadro 2. Experimentos que demonstraram algum efeito da ingestão de folhas sobre a saúde.....11 e 12

Tabela 1. Composição centesimal de cormilhos, farinha do tubérculo e folha de taioba desidratada.....29

Artigo 2:

Table 1. Composition of experimental diets (g.kg⁻¹ diet).....47

Table 2. Proximate composition of lyophilized *taioba* leaf (LTL) (g per 100g dry matter).....52

Table 3. Mean daily consumption, body weight gain, fecal mass during 48 hours (g) and food efficiency ratio (FER) of male Wistar rats (means $\pm$ SE).....54

Table 4. Plasma total cholesterol (TC), triacylglycerol (TG), fasting glucose and insulin in male Wistar rats.....55

Table 5: Colonic and caecal bile acid contents of rats fed with different fibre sources.....57

Artigo 3:

Table 1. Composition of experimental diets (g/kg diet).....70

Table 2. Proximate composition of lyophilised *taioba* leaf (LTL) (g per 100g dry matter).....75

Table 3. Average daily consumption, weight gain, faecal mass (g) and food efficiency ratio (FER) (means $\pm$ SE) of rats fed high fat diets containing cellulose, inulin or *taioba* fiber.....75

Table 4. Final fasting glucose, Total Area Under the Curve (AUC), AUC after 30 min., Insulin Levels, Initial cholesterol (after 4 weeks with diet LCEL) and final cholesterol (Initial and Final total cholesterol

- TC) of rats fed high fat diets containing cellulose, inulin or <i>taioba</i> fiber.....	76
---	----

Table 5. Fat content in faeces, liver and body (g/100g), Free Fat Mass (FFM) (g/100g), body ash (g/100g), concentration of total of SCFA in faeces (mg/g), and relative abdominal fat (RAF) (g) of rats fed high fat diets containing cellulose, inulin or <i>taioba</i> fiber.....	80
---	----

LISTA DE FIGURAS

Artigo 1:

Figura 1. Circulação entero-hepática dos ácidos biliares (AB).....	20
Figura 2. Síntese dos ácidos biliares.....	21
Figura 3. Taioba (<i>Xantosoma sagittifolium</i>).....	28

Artigo 3:

Figure 1. Concentration of Total Bile Acids (primary + secondary), Sum of primary BA (chenodeoxycholic acid + cholic acid) and sum of secondary BA (deoxycholic acid + lithocholic acid) in feces of rats fed high fat diets containing cellulose, inulin or <i>taioba</i> fiber.....	77
Figure 2. Concentration of chenodeoxycholic acid, cholic acid, deoxycholic acid and lithocholic in feces of rats fed high fat diets containing cellulose, inulin or <i>taioba</i> fiber.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS

Artigo 1:

AB: ácidos biliares

AGCC: ácidos graxos de cadeia curta

AUC: área sob a curva

CA: criptas aberrantes

COL: colesterol

CT: colesterol total

CYP7A1: enzima colesterol 7- α -hidrolase

DCNT: doenças crônicas não transmissíveis

DCV: doenças cardiovasculares

DM: diabetes mellitus

FD: fibra dietética

FTL: folha de taioba liofilizada

GSH: glutathione reduzida

GSSG: glutathione oxidada

HDL: lipoproteína de alta densidade

LDL: lipoproteína de baixa densidade

POF: Pesquisa de Orçamento Familiar

STZ: streptozotocina

TBARS: espécies reativas ao ácido barbitúrico

TG: triacilglicerol

TGI: trato gastrointestinal

Artigos 2 e 3:

BA: bile acid

CEL: cellulose

CNCD: chronic non-communicable diseases

CYP7A1: cholesterol 7 α -hydroxylase

DF: dietary fiber
FER: feed efficiency ratio
FFM: fat-free mass
IDF: insoluble dietary fiber
INU: inulin
LCEL: low cellulose
LTL: lyophilised *taioba* leaf
RAF: relative abdominal fat
SCFA: short chain fatty acid
SDF: soluble dietary fiber
SE: standard error
TAI: *taioba*
TC: total cholesterol
TDF: total dietary fiber
TG: triacylglycerol

INTRODUÇÃO GERAL

Diversos estudos mostraram que a ingestão adequada de frutas e verduras pode exercer efeito protetor à saúde devido, principalmente, à presença de fibra alimentar e fitoquímicos (HOUNSOME, 2008). A taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) é um vegetal pertencente à família das aráceas, bastante cultivada em regiões tropicais do centro-sul americano e em alguns países da África e Ásia. Seus órgãos subterrâneos são as porções mais comumente consumidas e constituem fonte energética e nutricional importante na dieta de algumas populações; as folhas também possuem elevado valor nutritivo, porém seu consumo é menos difundido. A taioba é facilmente cultivada em clima quente, cessando a produção das folhas em temperaturas muito baixas, o que facilita seu cultivo nos países da América Latina (ONWUEME, 1978; SEFA-DEDEH, 2004; PÉREZ, 2007).

A fibra alimentar, um dos principais constituintes da folha de taioba e outros vegetais, não é digerida pelas enzimas do trato gastrointestinal dos humanos e, portanto, pode passar pelo intestino grosso intacto, ou sofrer fermentação pela microbiota colônica. Essas características resultam em efeitos fisiológicos positivos bem documentados na literatura, dentre eles, a diminuição da glicemia e do colesterol, e a modulação da microbiota intestinal (GUILLON, 2000; GIBSON, 2004; BUTTRISS, 2008). Além disso, a fibra alimentar, em especial a fração insolúvel, pode levar ao aumento da motilidade intestinal e menor tempo de contato dos nutrientes com a mucosa absorviva, resultando em maior excreção de compostos tóxicos ou co-carcinógenos de origem dietética ou endógena como, por exemplo, os ácidos biliares secundários, além de elevar a perda de energia pelas fezes. Tais ações estão associadas à prevenção do câncer

de cólon, doenças inflamatórias intestinais e obesidade (ISKEN, 2010; BROWNLEE, 2011; FERGUSON, 2001; HAMAUZU, 2011).

O fato da taioba ser facilmente cultivada em regiões tropicais úmidas, além de poder constituir alimento fonte de subsistência para algumas populações, torna essa planta objeto desse estudo. Poucas pesquisas estão disponíveis nas bases de consulta científica sobre a folha de taioba e, em particular, relacionadas às suas propriedades funcionais *in vivo*. Diante dessas considerações, este estudo teve como objetivo caracterizar a fibra da folha de taioba, bem como avaliar os efeitos fisiológicos da ingestão desse vegetal, em ratos Wistar saudáveis e alimentados com dieta hiperlipídica.

REFERÊNCIAS

- BROWNLEE, I.A. The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocoll*, v. 25, n.2, p. 238-250, 2011.
- BUTTRISS, J.L., STOKES, C.S. Dietary fibre and health: an overview. *Nutrition Bull*, v. 33, n. 3, p. 186-200, 2008.
- FERGUSON, L.R., CHAVAN, R.R., HARRIS, P.J. Changing concepts of dietary fiber: Implications for carcinogenesis. *Nutr Cancer*, v. 39, n. 2, p. 155-169, 2001.
- GIBSON, G.R., PROBERT, H.M., LOO, J.V. et al. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutr Res Rev*, v.17, n. 2, p. 259–275, 2004.
- GUILLON, F., CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Res Int*, v. 33, n. 3, p. 233-245, 2000.
- HAMAUZU, Y., MIZUNO, Y. Non-extractable procyanidins and lignin are important factors in the bile acid binding and radical scavenging properties of cell wall material in some fruits. *Plant Foods Hum Nutr*, v. 66, n. 1, p. 70-7, 2011.
- HOUNSOME, N., HOUNSOME, B., TOMOS, D., EDWARDS-JONES, G. Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. *J Food Sci*, v. 73, n.4, p. 48-65, 2008.
- ISKEN, F., KLAUS, S., OSTERHOFF, M. et al. Effects of long-term soluble vs. insoluble dietary fiber intake on high-fat diet-induced obesity in C57BL/6J mice. *J Nutr Biochem*, v. 21, n.4, p. 278–284, 2010.
- ONWUEME, I.C. The tropical tuber crops. John Wiley & Sons Ltd.: Chinchester, 1978.
- PÉREZ, E.E., GUTIÉRREZ, M.E., DEDELAHAYE, E.P. Production and Characterization of *Xanthosoma Sagittifolium* and *Colocasia esculenta* Flours. *J Food Sci*, v. 72, n. 6, p. 367-371, 2007.
- SEFA-DEDEH, S., AGYIR-SACKEY, E.K. Chemical composition and the effect of processing on oxalate content of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* cormels. *Food Chem*, v. 85, n.4, 479–487, 2004.

Artigo de revisão

“Propriedades funcionais de vegetais e o efeito potencial da folha de Taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) sobre a saúde”

Elisa de Almeida Jackix^{a*}, Elisa Bernardes Monteiro^a, Jaime Amaya-Farfán^a.

^a*Departamento de Alimentos e nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas - Unicamp; R. Monteiro Lobato, 80. PO Box 6121. Campinas, SP, Brasil, 13083-862;*

*Correspondência para/*Correspondence to*: EA, JACKIX: e *mail*: elisajackix@yahoo.com.br.

Telefone e fax: 55-19- 3287467

RESUMO

Os vegetais constituem parte importante da dieta humana e contêm grande quantidade de substâncias químicas promotoras de saúde, como fibras alimentares e fitoquímicos. Essas substâncias têm sido associadas a diversos efeitos benéficos, como a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis. As fibras alimentares (FA) são definidas como macromoléculas resistentes à digestão pelas enzimas do trato gastrointestinal e são compostas basicamente por componentes da parede celular, polissacarídeos e lignina. A FA possui diferentes propriedades que resultam em efeitos fisiológicos diversos. Os mecanismos de ação da fibra incluem a habilidade em aumentar o volume fecal e saciedade, elevar a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), e se ligar a substâncias tóxicas, como aos sais biliares secundários. A taioba (*Xanthossoma sagittifolium*) é um vegetal comumente cultivado em diversas partes da América, África e Ásia. Os cormos, cormilhos e folhas são as partes economicamente mais importantes, embora as folhas sejam muitas vezes desprezadas. Realizou-se uma revisão sistemática da literatura sobre os efeitos do consumo de vegetais sobre a saúde e, em particular, sobre as propriedades funcionais da folha de taioba. Foram utilizadas as bases de dados *MedLine/PubMed*, *Lilacs* e *Bireme*, com publicações entre 1978 e 2013, utilizando as palavras chave: vegetais, taioba (*Xanthossoma sagittifolium*), fibra alimentar, colesterol, ácidos biliares e AGCC. Esta revisão mostra que a taioba possui alto valor nutritivo, e pode exercer efeito protetor contra doenças cardiovasculares e câncer de intestino, devido à elevada fermentabilidade e capacidade de ligação com ácidos biliares.

Palavras-chave: vegetais, taioba (*Xanthossoma Sagittifolium*), fibra alimentar, colesterol, ácidos biliares, ácidos graxos de cadeia curta.

ABSTRACT

Vegetables are an important part of the human diet and contain a large number of health-promoting chemical substances, such as dietary fiber and phytochemicals. These substances have been linked to many beneficial effects, including the prevention of chronic non-communicable diseases. Dietary fiber (DF) is defined as macromolecules that resist digestion by human enzymes and consist essentially of plant cell wall components, polysaccharides and lignin. DF has different properties that result in different physiological effects. Their actions have been suggested to proceed by mechanisms that include the ability to improve fecal bulking and satiety, production of short-chain fatty acids (SCFA), and the binding of toxic compounds, such as secondary bile acids. *Taioba* (*Xanthossoma sagittifolium*) is a common plant in many parts of America, Africa and Asia. The corm, cormels, and leaves of *taioba* are the main economically important parts of the plant, although the leaves are often not recognized as food. We have systematically reviewed the literature regarding the effects of vegetable consumption on health and, in particular, the functional properties of *taioba* leaf, *in vivo*. Articles published from 1978 to 2013 were searched in the Medline/Pubmed, Lilacs and Bireme databases using the following keywords: vegetable, *taioba* (*Xanthossoma sagittifolium*), dietary fiber, cholesterol, bile acids and SCFA. This review shows that besides *taioba* leaves being rich in dietary fiber, they may have a protective effect against cardiovascular diseases and bowel cancer, because of their high fermentability and bile-acid binding capacity.

Keywords: vegetable, *taioba* (*Xanthossoma Sagittifolium*), dietary fiber, cholesterol, bile acids, short-chain fatty acids.

Qualidade nutricional e propriedades funcionais de vegetais

Atualmente, são reconhecidos diversos compostos presentes nas plantas que, além de fornecerem energia e elementos para o crescimento e manutenção do organismo, exercem efeitos positivos sobre a saúde¹. A ingestão de fibra alimentar e fitoquímicos presentes nos vegetais como os flavonóides, esteróis, compostos fenólicos, saponinas, lectinas e glicosinolatos, pode reduzir o risco do desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) como câncer, diabetes, doenças cardiovasculares, dentre outras^{2,3,4,5}. Apesar de terem sido identificados mais de 100.000 diferentes tipos de fitoquímicos, acredita-se que as plantas contenham diversas substâncias que se enquadrariam nessa definição e que ainda não foram identificadas. A composição dos fitoquímicos presentes nos vegetais é bastante complexa, podendo se alterar conforme a forma de cultivo, como a intensidade da luz, temperatura e tipo de solo. As mudanças físico-químicas que ocorrem durante o processamento e armazenamento resultam em perdas significativas desses componentes¹.

Diversos estudos mostraram que a ingestão de frutas e verduras pode exercer efeito protetor à saúde humana. Apesar disso, o consumo de vegetais é bastante inferior ao recomendado. Em 2011, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE⁶ divulgou o estudo da análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Os resultados da pesquisa mostraram que o consumo de frutas, verduras e legumes não atinge a recomendação (que é de 400g/dia) nem no percentil 90 da população, mas que o consumo desses alimentos aumenta à medida que a renda se eleva. Meta-análise realizada por Lock *et al* (2005) refere que, no ano 2000, 2,6 milhões de mortes no mundo foram atribuídas ao baixo consumo de frutas e verduras, e que o aumento no consumo de vegetais, para cerca de 600g/dia, reduziu em 31 e 19% o risco de doença cardíaca isquêmica e infarto, respectivamente⁷.

Meta-análises têm demonstrado também uma associação entre o consumo de frutas e verduras e doenças cardiovasculares (DCV)^{7,8}. Entretanto, as pesquisas realizadas com humanos não confirmam se é a ingestão total desses vegetais ou se é a determinada fruta ou verdura que está associada à redução do risco dessas doenças. Dados obtidos pela Rede Européia de Investigação Prospectiva sobre Câncer e Nutrição (EPIC), durante cerca de 8 anos com 313.074 voluntários, mostraram que os participantes que ingeriam pelo menos 8 porções de frutas e verduras por dia apresentaram risco 22% menor de doença coronariana, em comparação aqueles que ingeriam menos de 3 frutas e verduras ao dia⁸. Os autores dessa pesquisa avaliaram também, que o incremento de 1 porção (cerca de 80g) de frutas e verduras por dia esteve associado com risco 4% menor de cardiopatia. Esses resultados confirmam a importância de ingerir ao menos 5 porções de frutas e verduras diariamente.

Embora exista forte associação causal entre a ingestão de plantas e o risco de DCV, os mecanismos pelos quais isso ocorre ainda não estão totalmente elucidados, uma vez que os vegetais possuem composições químicas bastante heterogêneas⁸. Experimentos com animais recebendo dieta hiperlipídica, semelhante à ingerida pela população ocidental, mostram que a adição de determinados vegetais à ração reduziu a pressão arterial, as concentrações séricas de colesterol total e na lipoproteína de baixa densidade (LDL-c), e aumentou o colesterol na lipoproteína de alta densidade (HDL-c)^{3,5,9}. Os Quadros 1 e 2 mostram o efeito do consumo de alguns vegetais sobre diversos parâmetros, tanto em animais como em humanos. Segundo os autores, estes efeitos podem ser atribuídos, principalmente, à presença de compostos antioxidantes e fibras. É importante ressaltar que a ingestão de suplementos contendo essas substâncias parece não ter o mesmo efeito da ingestão de frutas e verduras, uma vez que muitos outros componentes presentes nesses alimentos podem exercer efeito protetor¹⁰.

Quadro 1. Experimentos, em animais e seres humanos, que demonstraram algum efeito de frutas e vegetais sobre a saúde.

Vegetal	Compostos aos quais se atribuem os efeitos	Principais funções fisiológicas e possíveis mecanismos de ação	Efeito potencial sobre a saúde	Referência
Maçã fresca (5g/dia)	Fitoquímicos e fibras	↓ no número de CA* em ratos.	Câncer de cólon	Poulsen <i>et al</i> (2011) ¹¹
Manga liofilizada (1 e 10% da dieta)	Carotenóides, vitamina C e compostos fenólicos	Preveniu o ganho de gordura corpórea e epididimal; ↓ a AUC* e a resistência à insulina em Camundongos†.	Obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes	Lucas <i>et al</i> (2011) ¹²
Maçã (variedades: Bravo de Esmolfe, Malápio Serra e Golden)	Compostos bioativos (polifenóis, catequina, epicatequina, procianidina e β-caroteno) e fibra	↓ TG*, CT* e LDL-c em ratos†*.	Doenças cardiovasculares	Serra <i>et al</i> (2012) ¹³
Broto de feijão, Ervilha, espinafre, e brócolis liofilizados (10% da dieta)	Não sugere nenhuma substância, em específico.	Ervilha e espinafre ↓ em 50% os focos de CA em ratos.	Câncer colorretal	Rijken <i>et al</i> (1999) ¹⁴
Bagaço de uva (1,5 e 5% da dieta)	Polifenóis (em específico, as procianidinas: catequinas e taninos)	↓ glicose, insulina e TG séricos de ratos alimentados com dieta rica em frutose; não houve mudanças no CT.	Síndrome metabólica	Khanal <i>et al</i> (2011) ¹⁵
Pó de sementes de feno-grego (5% da dieta)	Alcalóides, saponinas, flavonoides e fibras	↓ peroxidação lipídica; inibição de enzimas digestivas e ↓ da absorção de glicose no TGI; ↑ produção de insulina em ratos induzidos ao DM* tipo 1.	Diabetes mellitus do tipo 1	Kumar <i>et al</i> (2012) ¹⁶

*CA: Criptas Aberrantes (biomarcador utilizado para indicar a mudança de sinais e sintomas que antecedem ou que ocorrem concomitantemente à presença de um tumor); CT: Colesterol Total; LDL: lipoproteína de baixa densidade; AGCC: ácidos graxos de cadeia curta; AB: ácidos biliares; COL: colesterol; TGI: trato gastrointestinal; AUC: *área under the curve* (área sob a curva); DM: diabetes mellitus; TG: triacilglicerol; STZ: estreptozotocina (droga utilizada para inibir a produção de insulina pelo pâncreas); TBARS: espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico; GSH: glutathiona reduzida; GSSG: glutathiona oxidada; †: animais recebendo dietas *high fat*.

Quadro 1. (continuação). Experimentos, em animais e seres humanos, que demonstraram algum efeito de frutas e vegetais sobre a saúde.

Vegetal	Compostos aos quais se atribuem os efeitos	Principais funções fisiológicas e possíveis mecanismos de ação	Efeito potencial sobre a saúde	Referência
Alho, açafrão e gengibre desidratados (200mg/kg de peso/dia)	Compostos fenólicos	Todos os vegetais ↑ produção de insulina em ratos tratados com STZ; ↓ peroxidação lipídica, ↓ CT, LDL-c e glicemia sérica em ratos diabéticos.	Diabetes, síndrome metabólica e doenças cardiovasculares	Madkor <i>et al</i> (2011) ¹⁷
Alcachofra (extrato desidratado – 4,5g/kg de peso/dia)	Ácidos hidroxicinâmicos (AC. Clorogênico e cinarina) e flavonóides	↓ CT, LDL e TG em hamsters; ↑ excreção de AB* nas fezes.	Doenças cardiovasculares	Qiang <i>et al</i> (2012) ¹⁸
Aspargo liofilizado (250 e 500 mg/kg de peso/dia)	Fitoquímicos como fitoesteróis, saponinas e fibras	↓ da peroxidação lipídica; Redução do CT* e LDL-c, em ratos.	Doenças cardiovasculares e câncer	García <i>et al</i> (2011) ⁵
Polpa de quiabo liofilizada (15,25% da dieta)	Fibras (mucilagem)	↑ concentração de AGCC* no cólon; ↑ excreção de AB nas fezes de ratos saudáveis; ↑ taxa de insulina em ratos diabéticos induzidos com STZ (efeito protetor à droga).	Diabetes	Silva (2006) ¹⁹
Linhaça (sob a forma de uma bebida e adicionada em pão; 7,5 g/10MJ)	Fibras	↓ CT e LDL-c; ↑ excreção de gordura e energia nas fezes em humanos saudáveis (+ significativo com a ingestão da bebida).	Doenças cardiovasculares e obesidade	Kristensen <i>et al</i> (2012) ²⁰
Polpa de alfarroba (15g/dia)	Fibra insolúvel	↓ CT e LDL-c em humanos com hipercolesterolemia.	Doenças cardiovasculares	Zunft <i>et al</i> (2003) ²¹

*CA: Criptas Aberrantes (biomarcador utilizado para indicar a mudança de sinais e sintomas que antecedem ou que ocorrem concomitantemente à presença de um tumor); CT: Colesterol Total; LDL: lipoproteína de baixa densidade; AGCC: ácidos graxos de cadeia curta; AB: ácidos biliares; COL: colesterol; TGI: trato gastrointestinal; AUC: *área under the curve* (área sob a curva); DM: diabetes mellitus; TG: triacilglicerol; STZ: estreptozotocina (droga utilizada para inibir a produção de insulina pelo pâncreas); TBARS: espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico; GSH: glutatona reduzida; GSSG: glutatona oxidada; †: animais recebendo dietas *high fat*.

Quadro 2. Experimentos que demonstraram algum efeito da ingestão de folhas sobre a saúde.

Vegetal	Compostos aos quais se atribuem os efeitos	Principais funções fisiológicas e possíveis mecanismos de ação	Efeito potencial sobre a saúde	Referência
Folha de Malva Judia liofilizada (10% da dieta)	Fitoesteróis e fibra	↓ CT sérico e hepático; ↑ produção de AGCC no ceco de ratos†, a excreção de AB e COL.	Doenças cardiovasculares	El-Arab (2009) ³
Folhas de alface liofilizadas (20% da dieta)	Fibras, ácido fólico e fitosteróis	↓ razão LDL/HDL-c, absorção de COL pelo TGI*, concentração de COL hepático e peroxidação lipídica no coração de ratos;	Doenças cardiovasculares	Nicolle <i>et al</i> (2004) ²
Folhas de curry (<i>Murraya koenigii</i>) (10% da dieta)	Compostos bioativos	↓ CT e LDL+VLDL; ↑ HDL em ratos†	Doenças cardiovasculares	Khan (1995) ²²
Folhas de abóbora (<i>Telfairia occidentalis</i>) (3 e 6% da dieta)	Fibras, vit. C e do complexo B, glicosídeos	↓ CT, LDL e peroxidação lipídica em ratos†	Doenças cardiovasculares	Adaramoye (2007) ²³
Alga marinha verde <i>Ulva fasciata</i> Delile (24,2% da dieta)	Fibras (principalmente, solúvel)	↓ CT sérico; ↑ volume fecal em ratos†.	Obesidade, doenças intestinais e cardiovasculares	Carvalho <i>et al</i> (2009) ²⁴
Folhas de taioba (<i>Xanthosoma sagittifolium</i> – 10,7% da dieta) e beldroega (<i>Portulaca oleracea</i> – 24% da dieta)	Carotenóides, vit. C e outros compostos antioxidantes	↓ concentração de TBARS* no fígado e coração de ratos deficientes em vit. A; ↓ GSH no fígado e GSSG no coração – efeito antioxidante.	Doenças cardiovasculares e câncer	Arruda <i>et al</i> (2003) ²⁵
Folhas de taioba (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) (10% da dieta)	Fibras e outros compostos bioativos	↓ CT sérico e gordura hepática; ↑ volume fecal, excreção de AB e gordura em ratos†; ↑ produção de AGCC	Doenças cardiovasculares e câncer	Jackix <i>et al</i> , 2013 ⁹

*CT: Colesterol Total; LDL: lipoproteína de baixa densidade; HDL: lipoproteína de alta densidade; VLDL: lipoproteína de muito baixa densidade; AGCC: ácidos graxos de cadeia curta; AB: ácidos biliares; COL: colesterol; TGI: trato gastrointestinal; DM: diabetes mellitus; TG: triacilglicerol; TBARS: espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico; GSH: glutathiona reduzida; GSSG: glutathiona oxidada; †: animais recebendo dietas *high fat*.

Quadro 2 (continuação). Experimentos que demonstraram algum efeito da ingestão de folhas sobre a saúde.

Vegetal	Compostos aos quais se atribuem os efeitos	Principais funções fisiológicas e possíveis mecanismos de ação	Efeito potencial sobre a saúde	Referência
<i>Cissus rotundifolia</i> (uma folha) e <i>Detarium senegalense</i> (um legume), sob a forma de pão e sopa, respectivamente.	Fibras (solúvel no legume – xiloglicanas, e insolúvel na folha); inibidores de amilase.	↓ glicemia e insulina pós-prandiais e ↓ AUC* em humanos saudáveis.	Diabetes mellitus	Onyechi (1998) ²⁶
Folhas de mandioca desidratada (10% e 15% da dieta)	Saponinas e polifenóis	↓ da peroxidação lipídica (ação antioxidante); contudo, houve ↑ do peso do fígado, em ratos.	Não estudado.	Melo <i>et al</i> (2005) ²⁷

* CT: Colesterol Total; AGCC: ácidos graxos de cadeia curta; AB: ácidos biliares; COL: colesterol; TGI: trato gastrointestinal; †: animais recebendo dietas *high fat*.

O *World Cancer Research*²⁸ (2007) afirma que o aumento da ingestão de frutas e hortaliças, além de proteger contra DCV, possui relação com a diminuição do risco de câncer de estômago, cólon, fígado, pulmão e próstata. A noção de que vegetais possam proteger contra o desenvolvimento de tumores é baseada na evidência de que esses alimentos são ricos em diversos micronutrientes e substâncias bioativas que exercem efeitos protetores. Vegetais ricos em folatos, por exemplo, protegem contra o câncer pancreático; partes de plantas contendo abundantes carotenoides e quercetina podem proteger contra câncer de boca, faringe e laringe e, também, câncer de pulmão; a vitamina C, presente em frutas cítricas e vegetais verdes escuros, está associada à redução do câncer de esôfago; alimentos contendo selênio e licopeno podem proteger

contra o crescimento de tumores de próstata. Embora existam essas evidências, não é possível atribuir associação causa-efeito entre algum nutriente específico e a redução do risco de câncer, uma vez que os alimentos possuem composição complexa de compostos químicos, possibilitando ainda ações integradas sobre as diversas vias de controle que afetam o sistema homeostático, entre as quais se incluem: a expressão genética, sinalização celular, modulação de receptores e transportadores, além do próprio efeito antioxidante.

Pesquisas com animais mostraram possíveis efeitos na prevenção do câncer com a ingestão de vegetais como maçã fresca, ervilha, broto de feijão, folha de taioba, aspargo liofilizado e brócolis (Quadros 1 e 2). Apesar dos mecanismos de ação não estarem totalmente elucidados, os resultados indicam atenuação do crescimento de criptas aberrantes (biomarcador utilizado para indicar a mudança de sinais e sintomas que antecedem ou que ocorrem concomitantemente à presença de um tumor), redução da peroxidação lipídica e da capacidade dos lipídeos se ligarem aos sais biliares secundários, considerados carcinógenos por resultarem em danos no DNA e mutação celular²⁹.

A associação entre o elevado consumo de carboidratos simples e a baixa ingestão de fibras está fortemente associada ao desenvolvimento de diabetes mellitus do tipo 2 (DM2). Contudo, o efeito protetor das frutas e vegetais no desenvolvimento do DM ainda é pouco compreendido e muitos dos resultados são conflitantes. Meta-análise realizada por Carter *et al* (2010)³⁰ mostrou que o aumento de 1,15 porções a mais de vegetais folhosos por dia reduz em 14% o risco de DM2. Todavia, os dados não evidenciaram relação significativa entre o consumo de outros vegetais, ingeridos separadamente ou em conjunto. Dados provenientes do EPIC (*European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition*) também verificaram que o consumo de vegetais folhosos reduziu o risco de desenvolvimento de DM2³¹. Os benefícios

atribuídos a estes vegetais estão associados à presença de elevados teores de magnésio e ácido α -linolênico, os quais interferem na composição da camada fosfolipídica celular e parece melhorar a sensibilidade à insulina no músculo³⁰.

Fibra Alimentar como componente de vegetais: efeitos sobre a saúde

As fibras alimentares são substâncias que não são digeridas pelas enzimas do trato gastrointestinal de humanos, alcançando o intestino grosso, sendo parcial ou totalmente fermentadas pela microbiota. Contudo, sua definição ainda é controversa, por se tratar de uma classe de compostos de composição química bastante heterogênea. Há autores que classificam a fibra alimentar de acordo com seus efeitos fisiológicos ou de acordo com sua composição química. Tais controvérsias resultam na necessidade de se elaborar uma definição de fibra que seja de consenso entre os especialistas.

Segundo a *American Association of Cereal Chemists*³² (2001), a fibra alimentar é definida como: “(...) parte comestível de plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. A fibra alimentar inclui polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina, e outras substâncias associadas às plantas. A fibra da dieta promove efeitos fisiológicos benéficos, incluindo laxação e/ou diminuição do colesterol sanguíneo e/ou da glicose sanguínea”. Essa definição é bastante abrangente, pois engloba compostos de diferentes origens químicas, como: homopolímeros de glicose (celulose, beta-glucanas), homopolímeros de frutose (inulina), heteropolímeros (arabinoxilanas, arabinogalactanas), oligômeros (galactooligossacarídeos, oligofrutos), lignina, carboidratos análogos (dextrinas resistentes, amido resistente, quitina, quitosanas, carboidratos sintéticos) e substâncias associadas (ceras, cutina, suberina, saponinas, taninos, fitatos).

Em 2001 o *Institute of Medicine of the National Academies*³³ apresentou diferentes conceitos de fibra: *fibra dietética*, *funcional* e *total*. A *fibra dietética* é definida como carboidratos indigeríveis e lignina que são intrínsecos às plantas e permanecem intactos após digestão por enzimas do trato gastrointestinal. Os carboidratos indigeríveis provenientes de plantas geralmente são uma mistura de polissacarídeos que pertencem à parede celular, presentes em cereais e vegetais. Além disso, as fontes da *fibra dietética* contêm outros macronutrientes (como por exemplo, carboidratos digeríveis, proteínas e lipídeos), normalmente encontrados nos alimentos. Já a *fibra funcional* foi definida pelo Comitê como aquela que "consiste de carboidratos indigeríveis isolados ou extraídos que apresentam efeitos fisiológicos benéficos ao organismo humano", e inclui os oligossacarídeos e amido-resistente sintéticos, ou que foram extraídos da fonte natural, por meio de reagentes químicos ou enzimas, além de pectinas, gomas, quitina, quitosana, polidextrose, inulina e dextrinas indigeríveis. A *fibra total* é considerada o somatório das fibras dietética e funcional. É importante ressaltar que embora a ingestão de fibra dietética esteja associada com diminuição do risco de várias doenças crônicas, um relatório *National Research Council*³⁴ refere que "não há evidências conclusivas de que é a fibra dietética, em vez dos outros componentes dos vegetais, frutas e produtos derivados de cereais, que reduz o risco do desenvolvimento de doenças".

Grande parte da população tem ingestão média diária de fibra alimentar muito aquém da recomendação de 25-38g/dia. De modo geral, a ingestão média varia entre 16,5 e 17,9g/dia para os homens, e 12,1 e 13,8g/dia para as mulheres³³. Recomenda-se o consumo de 3 a 4 porções de frutas e hortaliças ao dia para atingir as necessidades nutricionais de fibras e micronutrientes. Apesar das hortaliças possuírem menor quantidade de fibras em relação aos cereais integrais e às

leguminosas, o consumo variado desses vegetais em uma dieta equilibrada pode ser responsável por até 50% da ingestão total de fibras³³.

As fibras podem ser divididas em dois grandes grupos de acordo com a sua solubilidade em água, em solúveis e insolúveis. Suas funções fisiológicas são bastante diferentes, sendo que a fração solúvel se caracteriza por formar uma camada aquosa no lúmen intestinal, responsável pelo aumento da viscosidade local e, conseqüentemente, pelo aumento no tempo de esvaziamento gástrico e do trânsito intestinal, além da diminuição da assimilação de nutrientes; elas são altamente fermentadas pela microbiota colônica. Já as fibras insolúveis promovem menor tempo de trânsito intestinal, maior volume fecal, e são pouco utilizadas como substrato energético pela microbiota. Embora as fibras insolúveis predominem na maioria dos alimentos, os alimentos-fonte de fibra solúvel são as leguminosas, aveia e frutas cítricas, enquanto que os alimentos-fonte de fibra insolúvel são os cereais e seus farelos, e vegetais folhosos³⁵.

Possivelmente, o aumento da viscosidade causado pelo consumo de fibras solúveis constitui barreira física à ação das enzimas digestivas, incluindo a α -amilase, o que resultaria no menor incremento da glicemia pós-prandial. Além disso, a presença da fibra solúvel no trato gastrointestinal aumenta o tempo de esvaziamento gástrico, tornando também mais lenta a absorção dos nutrientes. As fibras solúveis podem, ainda, ter efeito “sequestrante”, complexando-se com a glicose, ácidos graxos, sais biliares ou colesterol e, conseqüentemente, diminuindo a biodisponibilidade desses compostos³⁶.

Embora pouco fermentáveis no intestino, as fibras insolúveis podem levar ao aumento da motilidade intestinal, o que resulta em menor tempo de contato dos nutrientes e metabólitos carcinogênicos com a mucosa absorviva, levando à menor absorção de glicose, triacilgliceróis,

colesterol e sais biliares. Além disso, por elevar o volume fecal, dilui a concentração de substâncias nocivas à mucosa intestinal. A ingestão de fibra insolúvel também favorece a saciação, podendo auxiliar no tratamento da obesidade^{4,37}.

A redução do risco de desenvolver doenças coronarianas foi uma das primeiras constatações dos pesquisadores em relação à funcionalidade das fibras dietéticas. Anderson *et al* (1994)³⁸ relataram que, após ingestão de fibras solúveis ou de alta viscosidade, houve redução das concentrações de colesterol em ratos, que variaram entre 11 e 32%. Lyon & Reichert (2010)³⁹ verificaram redução significativa do peso, percentual de gordura corpóreo, do colesterol total e da fração LDL-c, em indivíduos obesos, após a ingestão de 5 g de fibra de alta viscosidade antes das refeições.

De fato, a maioria dos estudos avaliou o efeito de fibras solúveis sobre a saúde e, em contrapartida, poucas pesquisas investigaram a ação da fração insolúvel. Estudos com ratos associaram efeitos protetores da fibra insolúvel, principalmente quando não é extraída de sua fonte natural, contra o desenvolvimento de tumores e melhora o perfil lipídico sérico^{37,9}. Wolk *et al* (1999)⁴⁰ relataram haver redução de 19% no risco de desenvolver doenças cardiovasculares com o aumento de 10g/dia de fibra alimentar, especialmente, quando era proveniente de cereais integrais. Nesse caso, observou-se 35% de redução do risco com a ingestão adicional de apenas 5g de cereal/dia. Zunft *et al* (2003)²¹ verificaram que a ingestão de fibra da alfarroba (*Ceratonia siliqua*) resultou em concentrações significativamente menores de colesterol sérico e triacilgliceróis, em relação ao grupo controle. Segundo os autores, a grande quantidade de fibra insolúvel e compostos bioativos no pó ingerido pelos voluntários teria sido responsável pelos efeitos observados.

Alguns tipos de fibra são considerados nutrientes funcionais por diferentes razões, dentre elas, por estarem inseridas no grupo dos prebióticos. De acordo com Gibson *et al* (2004)⁴¹, ingrediente prebiótico pode ser definido como “um ingrediente seletivamente fermentescível que permite mudanças específicas na composição e/ou atividade da microbiota intestinal, conferindo benefícios à saúde e bem-estar ao hospedeiro”. Essa modulação seletiva da microbiota promove o crescimento e manutenção das bactérias consideradas benéficas ao hospedeiro, dentre as quais encontram-se os gêneros *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*. Como produtos de seu metabolismo, têm-se os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), predominantemente, o butirato, propionato e acetato, gases (hidrogênio, dióxido de carbono e metano) e água.

A inulina é um tipo de fibra dietética ou funcional constituída por polímeros de frutose, os quais estão unidos por ligações do tipo β -2 $\rightarrow$ 1, sendo que diversos estudos têm evidenciado sua função prebiótica por elevar a concentração de *Bifidobactérias* no cólon, mesmo em níveis relativamente baixos de consumo (5 a 8 g por dia). Essas espécies bacterianas possuem a enzima 2,1- β -D-frutano-frutossil-hidrolase, que hidrolisa frutanos do tipo inulina, produzindo peptídeos e AGCC, que acidificam o meio e impedem o desenvolvimento de bactérias patogênicas. Além disso, a inulina pode auxiliar na motilidade intestinal, atenuação da constipação e aumento do volume e trânsito intestinal^{19,42}.

Estudos em animais e seres humanos mostraram que a inulina influencia positivamente na concentração de hormônios envolvidos na regulação do peso corporal, reduz a concentração de colesterol e triacilglicerol, e atenua a glicemia⁴². A inulina reduz a concentração de triacilglicerol sérico devido à redução da reesterificação hepática dos ácidos graxos e também, devido à diminuição da lipogênese hepática⁴³. Uma das hipóteses que justifica a diminuição do colesterol sérico com o consumo de inulina é de que o propionato produzido na fermentação colônica pode

inibir a síntese endógena de colesterol, além do fato de que a fibra pode trazer modificações no metabolismo dos ácidos biliares. A relação entre inulina e regulação do peso corporal está baseada na possibilidade de que a sua alta fermentabilidade afete favoravelmente a secreção de alguns hormônios envolvidos na regulação da ingestão alimentar como a grelina (estimulador da fome) e o peptídeo semelhante ao glucagon 1 (GLP 1 – fator que reduz a ingestão alimentar)⁴⁴.

Embora os resultados sobre o efeito da inulina em animais e humanos sejam semelhantes, são mais conflitantes nos humanos. Uma das justificativas para isso é o fato de que a dose utilizada nos estudos com humanos é mais baixa, em comparação aos estudos com animais, principalmente pelo fato dessa fibra estar associada a desconfortos gastrointestinais⁴³.

Fibra alimentar e o metabolismo dos ácidos biliares.

Os ácidos biliares (AB) são constituídos por moléculas anfipáticas que facilitam a digestão e a absorção de lipídios. Contudo, atualmente são atribuídas outras funções aos ácidos biliares, como a regulação do metabolismo do colesterol e a detoxificação do fígado e intestino, por aumentar a atividade enzimática de citocromos P450, envolvidos nesse processo. A conversão do colesterol em AB no fígado e a excreção desses ácidos pelas fezes são as principais vias para a remoção do colesterol do organismo²⁹.

Os AB são sintetizados no fígado e excretados pela vesícula biliar para o intestino; em seguida, são reabsorvidos no íleo terminal e transportados de volta ao fígado via circulação portal, inibindo a síntese de AB por meio da supressão da enzima colesterol 7 α -hidroxilase (CYP7A1), que sintetiza os AB a partir de colesterol (Figura 1). A circulação entero-hepática dos AB ocorre entre 6 e 12 vezes ao dia, sendo que, por dia, aproximadamente 20% dos AB atingem

o cólon. Os principais AB sintetizados pelo fígado são denominados primários, e são constituídos principalmente pelo ácido cólico e o quenodesoxicólico, que contém 3 e 2 grupos carboxila, respectivamente. No fígado, os AB são conjugados com glicina ou taurina, por meio da ligação peptídica entre o grupo carbonila de um ácido biliar não-conjugado e o grupo amino dos aminoácidos^{29,19,45}.

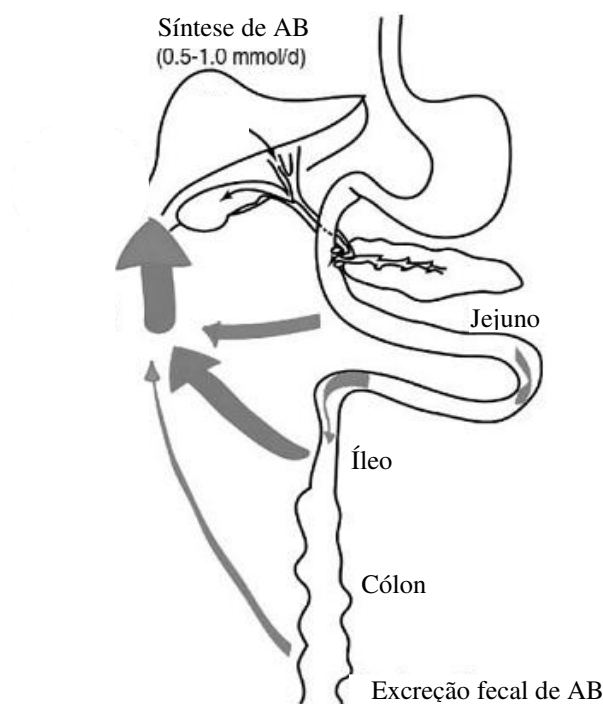
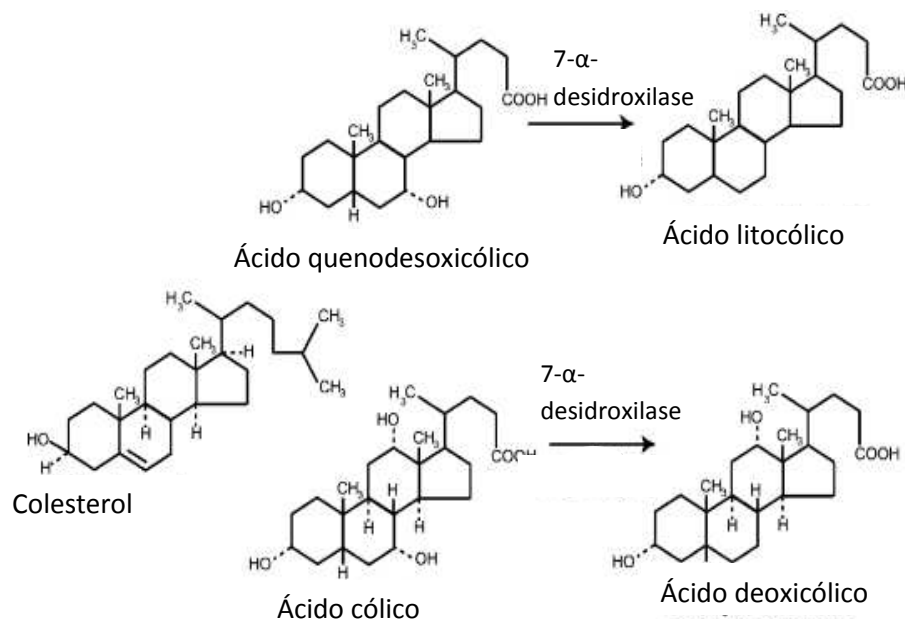


Figura 1. Circulação entero-hepática dos ácidos biliares (AB) (Adaptado de Bernstein, 2005)²⁹.

Os AB que atingem o cólon são metabolizados pela microbiota anaeróbia, que promove a desidroxilação dessas substâncias por meio da enzima 7 α -desidroxilase, formando os ácidos secundários: litocólico (proveniente da desidroxilação do ácido quenodesoxicólico) e desoxicólico (proveniente da desidroxilação do ácido cólico) (Figura 2). O ácido litocólico é

bastante insolúvel, sendo pouco reabsorvido; já o desoxicólico, é parcialmente reabsorvido no cólon, entra na circulação entero-hepática e chega ao fígado, onde é conjugado e secretado à bile. Algumas espécies bacterianas, como a *Escherichia coli*, o *Clostridium*, e os *Bacteroides* produzem a enzima 7 α -desidroxilase. Dessa forma, composição dos AB presentes é influenciada pela composição da microbiota intestinal^{29,45,46}.

Baseado no fato de que os AB secundários são citotóxicos, uma vez que podem danificar o DNA de células intestinais, induzir ao *stress* oxidativo celular e levar a mutações celulares, os ácidos litocólico e desoxicólico estão associados ao desenvolvimento de câncer de cólon. Em estudos epidemiológicos, o risco de câncer de cólon está relacionado à concentração desses AB nas fezes; em pacientes com adenomas colônicos, uma concentração maior de desoxicólico foi encontrada no sangue, em comparação aos indivíduos saudáveis²⁹.



Os ácidos quenodesoxicólico e cólico são formados a partir do colesterol hepático. A enzima 7 α -desidroxilase proveniente das bactérias intestinais convertem os ácidos quenodesoxicólico e cólico em litocólico e deoxicólico, no cólon. **Figura 2.** Síntese dos ácidos biliares (Adaptada de Bernstein *et al*, 2005).

A ingestão de fibras pode reduzir o colesterol sérico por diferentes mecanismos, dentre eles, pela capacidade de ligação com os ácidos biliares, culminando em maiores perdas de colesterol pelas fezes. A menor biodisponibilidade de colesterol e de AB gerada pela presença de fibras resulta em menores reservas hepáticas de colesterol, já que este é precursor dos ácidos biliares. Como os AB são indispensáveis à emulsificação de lipídeos e formação de micelas, a maior conversão de colesterol a ácidos biliares se faz necessária. Consequentemente, as enzimas envolvidas no seu metabolismo são estimuladas para aumentar a síntese endógena de colesterol. Além disso, o organismo lança mão de um mecanismo adaptativo de *up-regulation* dos receptores hepáticos de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), podendo levar a menores concentrações de LDL circulante^{16,36}.

Em estudo *in vitro*, Kahlon *et al* (2005)⁴⁷ avaliaram a capacidade de ligação dos AB com diversos tipos de leguminosas típicas da Ásia. Observou-se que o grão de bico e o feijão preto tiveram maior capacidade de ligação com os ácidos biliares do que os outros dois tipos de feijão avaliados (*Phaseolus vulgaris* e *Phaseolus aconitifolius*), fato que esteve associado à quantidade de fibra presente nestes grãos. Os autores, em outro estudo avaliaram a capacidade de ligação de couve, repolho crespo, folhas de mostarda, brócolis, couve de Bruxelas, espinafre, pimentão verde e repolho, antes e após a cocção, com ácidos biliares. Os resultados mostraram que todos os vegetais tiveram maior capacidade de ligação com os AB após a cocção, sendo que a couve, o repolho crespo e as folhas de mostarda apresentaram percentuais de ligação significativamente maiores que os outros vegetais. Os autores sugerem que a ingestão regular desses vegetais cozidos pode diminuir o risco contra doenças cardiovasculares e câncer, contudo, não atribui este efeito apenas devido a presença de fibras⁴⁸.

Grande parte das pesquisas que avaliaram a capacidade de ligação de vegetais com AB atribui esse efeito à presença de fibra, contudo, não somente a ela. Os polifenóis existentes em grandes quantidades nas frutas e verduras também podem se ligar aos AB, promovendo redução do colesterol sanguíneo. Ngamukote *et al* (2011)⁴⁹ verificou que o ácido gálico, as catequinas e epicatequinas (polifenóis extraídos da semente de uva) reduziram o colesterol sérico, devido a elevada capacidade de ligação com os AB.

Fibra alimentar: fermentação e produção de ácidos graxos de cadeia curta.

Alguns tipos de fibra, especialmente as solúveis, são altamente fermentadas e produzem elevada concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Quando a fibra permite mudanças específicas na composição e/ou atividade da microbiota gastrointestinal em decorrência de sua fermentabilidade e confere benefícios à saúde do indivíduo, ela pode ser inserida no grupo dos prebióticos. Os principais AGCC produzidos são o butirato, propionato e acetato, que comprovadamente modulam diversas funções metabólicas⁴¹. Alimentos ricos em amido resistente, hemiceluloses e pectinas, como as frutas e vegetais, contêm fibras com elevada fermentabilidade e produzem grandes quantidades de AGCC. Já os alimentos ricos em celulose, como os cereais, resultam em menor produção desses ácidos graxos, por serem menos fermentáveis pela microbiota³³.

A absorção dos AGCC no ceco e cólon é muito eficiente e apenas 5 a 10% desses ácidos são excretados nas fezes. Basicamente dois mecanismos de absorção dos AGCC são propostos: difusão passiva dos ácidos protonados através da membrana lipídica, que ocorre com aproximadamente 60% dos AGCC e, por meio de troca iônica, envolvendo o sódio e potássio.

Uma vez absorvidos, os AGCC podem ser metabolizados nas células do ceco e cólon, que utilizam principalmente o butirato como fonte de energia; nos hepatócitos, onde o propionato pode ser usado como substrato para a gliconeogênese e cerca de 60% do acetato é oxidado; e nas células musculares, onde há oxidação do acetato residual⁵⁰. A oxidação proveniente dos AGCC fornece entre 60 e 70% da energia necessária aos colonócitos, reduz a oxidação da glicose e poupa o uso do piruvato e da glutamina. Na presença de substratos energéticos que competem pela oxidação, como a glicose e glutamina, o butirato, em especial, é o combustível preferencial no colonócito⁵¹.

A produção de AGCC individualmente foi avaliada em diversos estudos^{52,51,44,53}. Maiores concentrações fecais de butirato e propionato foram observadas com o consumo de farelo de trigo, em comparação a vegetais⁵¹. Ferguson *et al* (2000)⁵² avaliaram a produção de AGCC *in vivo* após o consumo de três diferentes fontes de amido resistente. Os autores observaram que todas as fontes elevaram a produção de AGCC no intestino grosso, porém, em diferentes proporções, demonstrando que a produção desses ácidos varia conforme a fonte alimentar.

Os AGCC exercem efeitos sobre a mucosa e função colônica, no entanto, a função desses ácidos graxos é ainda mais extensa e inclui a modulação do pH intracelular, volume do enterócito, transporte de íons e regulação da diferenciação e expressão de genes. O aumento da concentração de AGCC no cólon diminui o pH, o que, indiretamente, influencia na composição da microbiota (reduz potencialmente o crescimento do gênero *Clostridium*, por exemplo), diminui a solubilidade dos ácidos biliares e aumenta a absorção de minerais. A diminuição da solubilidade dos ácidos biliares pode reduzir a atividade dos AB secundários em promover o crescimento de tumores; além disso, a redução do pH pode inibir a atividade da enzima bacteriana 7 α -desidroxilase, que transforma os AB primários em secundários⁵¹.

A concentração desses AGCC, em especial o butirato, está associada a doenças gastrointestinais como o câncer de cólon e colite ulcerativa. O butirato é primariamente metabolizado pelos colonócitos e está envolvido na manutenção da integridade da mucosa colônica. Estudos *in vitro* indicam que o butirato pode inibir a expressão de genes relacionados ao desenvolvimento de câncer, além de estimular a apoptose de células danificadas, prevenindo a progressão de tumores^{52,53}. O acetato e o butirato também podem induzir a apoptose de células tumorais na região do cólon, porém, de uma forma menos expressiva⁵¹.

O acetato é, de modo geral, o AGCC mais abundante no cólon e fezes⁵². Tanto o acetato como o propionato são rapidamente absorvidos pela mucosa colônica e parecem atuar no metabolismo lipídico, modulando a atividade das enzimas-chave no metabolismo de colesterol³⁶.

O propionato, especificamente, parece ser o maior responsável pela redução da glicose sanguínea, por afetar a gliconeogênese e a regulação dos níveis de lipídeos séricos. Estudo realizado por Todesco *et al* (1991)⁵⁴ mostrou que indivíduos que ingeriram pão adicionado de propionato de sódio (3,3 g/50 g de carboidrato) apresentaram redução na atividade da amilase salivar e, conseqüentemente, diminuição da digestibilidade dos carboidratos e menor glicemia. Embora neste estudo os autores não tenham encontrado redução significativa do colesterol sérico, pesquisas já evidenciaram a ação do propionato sobre a enzima hidroximetilglutaril-CoA-redutase. Esta enzima atua na síntese de colesterol hepático, e sua ação é diminuída pela presença do propionato, o qual inibe sua atividade.

A obesidade é o principal fator de risco para o desenvolvimento do DM2. A presença de AGCC, especialmente o acetato e propionato, também têm sido associada à redução do risco de obesidade e DM2, por reduzir a concentração de ácidos graxos livres, os quais estão relacionados

à redução da tolerância à glicose. Estudos mais atuais mostraram que a microbiota de indivíduos obesos é diferente de indivíduos mais magros e que com a perda de peso, o bacterioma sofre alterações, se tornando mais parecido com aquele de pessoas mais magras^{55,44}. Os AGCC podem afetar a massa corporal por influenciar a secreção de hormônios intestinais envolvidos na regulação da ingestão alimentar. Em ratos, a ingestão de fibras estimulou a produção do peptídeo YY e a expressão do glucagon 1, efeitos que foram acompanhados da redução do peso corporal⁵⁶.

Há, portanto, diversos estudos que evidenciam a função protetora dos AGCC na saúde colônica, e sua relação com a prevenção ou tratamento de algumas doenças. Até o momento, a maioria dos estudos tem avaliado o efeito da ingestão dos carboidratos isoladamente, no entanto, há necessidade de mais pesquisas que analisem efeitos sinérgicos dos carboidratos com substâncias associadas à parede celular, na produção dos AGCC.

Taioba (Xanthosoma sagittifolium): caracterização da planta, composição nutricional e propriedades funcionais.

A taioba pertence a família *Araceae*, que constitui-se de monocotiledôneas e contém cerca de 110 gêneros e mais de 2000 espécies, sendo a grande maioria encontrada na região dos trópicos. São primariamente herbáceas e terrestres, e apresentam caules na forma de tubérculos ou rizomas alongados (nesse caso, mais corretamente chamados de cormos e cormilhos), de onde se origina a porção aérea da planta. O cormo representa o caule primário ou principal da planta, enquanto que os cormilhos seriam as ramificações do órgão subterrâneo (Figura 3); os últimos são muito apreciados na alimentação, sendo fonte importante de energia em várias populações do mundo⁵⁷. Os frutos da taioba são do tipo baga e as sementes possuem tamanho e forma variados,

com ou sem endosperma. Comumente apresentam cristais de oxalato de cálcio, em toda a extensão da planta. Acredita-se que esses cristais são responsáveis, ao menos em parte, pela sensação de acidez produzida ao ingerir-se a planta não cozida ou não desidratada⁵⁸.

O gênero *Xanthosoma* é originário da América tropical. Esse gênero é popularmente conhecido no Brasil como taioba, taiova, arão, aro, pé-de-bezerro, taiá, talo, mangarito, dentre outros⁵⁹. No mundo, é conhecida como *malanga*, *yautia*, *tannia* ou *new cocoyam*, cujo nome foi assim dado para evitar-se a confusão com o gênero *Colocasia*, intimamente relacionado (*old cocoyam*)⁶⁰. O que difere o gênero *Colocasia* do *Xanthosoma* é a presença de uma nervura que contorna a borda da lâmina foliar no gênero *Xanthosoma*⁵⁹. Além disso, o gênero *Xanthosoma* apresenta pecíolo foliar na beirada do limbo da folha, saindo logo em seguida da junção dos lóbulos basais, que são separados⁶¹. A planta em si pode ter até 2 metros de altura, sendo as folhas bastante grandes, em geral com 80 centímetros de comprimento e 60 de largura, de forma largo-ovóide ou triangular.

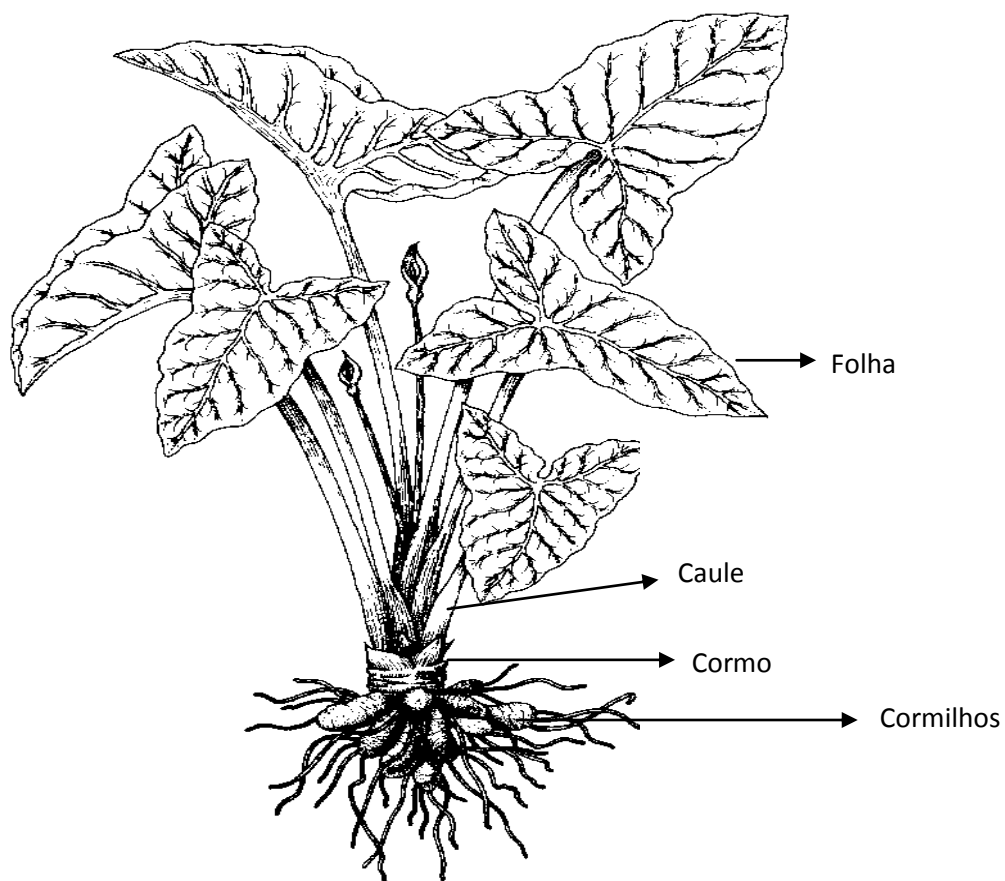


Figura 3. Taioba (*Xantosoma sagittifolium*) (Adaptada de Leterme *et al*, 2005)⁶².

A taioba é facilmente cultivada em clima quente, cessando a produção das folhas em temperaturas muito baixas. Isso dificulta ou até mesmo impossibilita seu cultivo em regiões de elevada altitude. O cultivo requer solo sempre úmido, rico em húmus e de pH variando entre 5.5-6.5. No Brasil, seu ciclo completo (plantio à colheita) leva cerca de 4 a 5 meses, enquanto que em outros países pode levar até 10 meses^{60,61}.

Os sistemas subterrâneos da planta (cormos e cormilhos) são seu principal reservatório energético, destacando-se o seu alto teor de amido. São considerados também, fonte de vitaminas como tiamina, riboflavina, niacina, e ácido ascórbico⁵⁷.

A Tabela 1 apresenta a composição centesimal dos cormilhos, farinha do tubérculo e folha de taioba desidratada, encontrada por Sefa-Dedeh & Agyir-Sackey (2004)⁶³, Pérez *et al* (2007)⁶⁴ e Leterme *et al* (2005)⁶². A grande variação observada se deve à porção do cormilho utilizada para análise (seção apical, mediana ou distal) e à variedade da espécie (variedade vermelha ou branca). Os valores obtidos por Leterme *et al* (2005)⁶² variaram de acordo com a maturidade da folha (folha jovem ou madura). Os autores também analisaram a composição de aminoácidos e minerais na folha, sendo os mais expressivos a arginina, leucina, lisina, fenilalanina e valina para aminoácidos, e potássio, cálcio, ferro e manganês para minerais.

Tabela 1. Composição centesimal de cormilhos, farinha do tubérculo e folha de taioba desidratada.

Parâmetro	Cormilhos (% em base seca)⁶³	Farinha (% em base seca)⁶⁴	Folha (% em base seca)^{61,62}
Umidade	54,5 a 77,4	11,04±0,09	86,1 a 90,1*
Proteínas (g)	3,94 a 5,5	6,37±0,17	23,1 a 24,0
Carboidratos (g)	12,2 a 36,6	68,50±0,00	19,7 a 22,9
Lipídios (g)	0,28 a 0,74	0,88±0,11	8,0 a 9,7
Fibra bruta (g)	1,11 a 1,72	5,19±0,01	12,4 a 13,0
Cinzas (g)	1,98 a 3,93	4,25±0,02	11,5 a 13,9
Ferro (mg)	---**	0,005	23,7
Cálcio (g)	---**	0,52	2,23
Vitamina C (mg)	---**	---**	38,0

* base úmida; ** dado não analisado.

⁶¹(Pinto *et al*, 2001)

⁶³(Sefa-Dedeh & Agyir-Sackey, 2004)

⁶⁴(Pérez *et al*, 2007)

⁶²(Leterme *et al*, 2005);

No mundo, os países que mais se destacam pela produção da taioba são países do centro-sul americano (Cuba, Peru, Venezuela e República Dominicana) e da África (Gana e Nigéria), sendo a porção tuberosa da planta importante fonte energética da dieta de populações mais carentes⁵⁷. No Brasil, a taioba é apreciada em Minas Gerais, Bahia e Rio de Janeiro, sendo inclusive utilizada em pratos típicos regionais. As folhas possuem elevado valor nutricional e geralmente são consumidas na forma refogada ou escaldada, embora tenham sua cultura pouco explorada e consumo pouco difundido no Brasil e no mundo. O baixo custo, a simplicidade de sua produção e o clima favorável deveriam ser fatores de incentivo ao amplo cultivo da taioba, podendo ser importante alternativa para a agricultura familiar e, assim, auxiliar na inclusão social e na melhoria do estado nutricional de populações mais carentes⁶⁵.

As folhas da taioba estão sujeitas a perdas extensivas pós-colheita como consequência do seu alto teor de umidade e metabolismo, o que leva a grandes danos durante a colheita e armazenagem. No entanto, se estas perdas são controladas e a produção melhorada, esse vegetal pode contribuir como fonte energética e nutricional para amenizar o problema da fome nos países em desenvolvimento. A fim de minimizar as perdas pós-colheita, as folhas podem ser submetidas a processos de secagem e moagem, tornando-se alimentos menos perecíveis. Estes processos industriais são úteis para a produção de farinhas e amidos os quais podem, por sua vez, serem utilizados pela indústria alimentícia, para o desenvolvimento de novos produtos⁶⁴.

Poucos estudos avaliaram a composição nutricional da folha de taioba e, sobretudo, os seus efeitos fisiológicos. Pinto *et al* (2001)⁶⁵ analisaram o valor nutricional de folha de taioba e encontraram elevados teores de proteína, fibras, vitamina C, cálcio e ferro, em proporções similares as demais fontes caracterizadas como rica nesses nutrientes. O valor energético da folha apresentou-se baixo, podendo essa hortaliça contribuir para dietas balanceadas e hipocalóricas. É

importante destacar que o conteúdo de vitamina C na taioba fresca foi significativamente maior do que na folha seca, já que esta vitamina é facilmente degradada com o incremento da temperatura e a própria exposição do alimento ao oxigênio. A folha de taioba crua pode apresentar elevado teor de oxalatos, um fator antinutricional que deve ser eliminado antes do consumo, pois pode reduzir a biodisponibilidade de minerais, causar irritação e sensação de queimação nos lábios e garganta. Iwuoha & Kalu (1995)⁶⁶ observaram redução de aproximadamente 73% no teor de oxalatos em folhas de taioba que foram coccionadas em água durante 40 minutos; contudo, quando cozidas por 1 hora, a quantidade de oxalato na folha foi próxima de zero. Alguns tipos de oxalatos são solúveis em água, por isso, com a cocção úmida essas substâncias são degradadas ou diluídas para o meio, por lixiviação.

Arruda *et al* (2004)²⁵ avaliaram a habilidade de vegetais tropicais (folhas de taioba e beldroegas) em reduzir o estresse oxidativo induzido pela deficiência de vitamina A, em ratos Wistar. Os animais que receberam as dietas suplementadas com as folhas apresentaram concentrações hepáticas de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e glutathione reduzida (GSH) menores em relação ao controle, evidenciando um efeito protetor da folha contra a peroxidação lipídica, causada pela deficiência de vitamina A. Com relação à composição nutricional, verificou-se que as folhas contém elevado teor de carotenoides, principalmente β -caroteno. No entanto, os autores afirmam que os efeitos observados não devem ser atribuídos apenas à presença do β -caroteno, já que as folhas apresentam elevados teores de diversos carotenoides (como neoxantina, violaxantina, luteína, β -criptoxantina) e outros compostos antioxidantes como a vitamina C.

As folhas de taioba possuem elevado conteúdo proteico, de minerais e, em especial, de fibras insolúveis^{9,67}. Jackix *et al* (2013)⁹, ao avaliarem o efeito da folha de taioba liofilizada em

ratos recebendo dieta *high fat*, observaram que o vegetal possui elevada fermentabilidade e capacidade de ligação com os sais biliares, sendo os secundários encontrados em menor proporção nas fezes. Essas propriedades resultaram em menor concentração do colesterol sérico em relação ao controle, e mostram que a taioba pode diminuir o risco de câncer de cólon. Além disso, a adição da folha à dieta reduziu o peso corpóreo, o conteúdo de gordura hepática e aumentou a massa fecal e o conteúdo de gordura nas fezes. Em outro estudo realizado por este mesmo grupo de pesquisadores, utilizando ratos saudáveis alimentados com dieta AIN 93-G, observou-se maior massa e proporção de gordura nas fezes no grupo que recebeu dieta contendo taioba, em relação aos demais, que receberam inulina ou celulose. A proporção de sais biliares secundários presentes no cólon e ceco desses animais foi menor naqueles que ingeriram a folha, sugerindo efeito protetor da taioba contra câncer de intestino. Sugere-se que as propriedades funcionais da folha sejam atribuídas não só às fibras, mas também a presença de componentes bioativos.

Considerações finais

A ingestão adequada de frutas e verduras está associada à redução do risco de desenvolvimento de DCNT e mortalidade. Apesar dos mecanismos de ação não terem sido totalmente esclarecidos, os efeitos benéficos associados à ingestão de vegetais são atribuídos, principalmente, à presença de fibras, vitaminas, minerais e polifenóis, e ao efeito sinérgico entre essas substâncias. A redução da absorção de glicose, ácidos graxos, sais biliares e colesterol, assim como a ação prebiótica da fibra alimentar explicam, em parte, os efeitos benéficos atribuídos à ingestão de frutas e verduras. A taioba é uma arácea facilmente cultivada em regiões

de clima quente e úmido, como o Brasil, e sua porção folhosa possui elevado valor nutritivo por conter altos teores de minerais e fibras. Poucos estudos avaliaram os efeitos fisiológicos da folha de taioba, entretanto, pesquisas recentes feitas com ratos Wistar verificaram elevada fermentabilidade e capacidade de ligação com ácidos biliares, assim como uma potente ação antioxidante. Os efeitos observados com animais sugerem que dietas contendo folhas de taioba possam trazer efeitos benéficos à saúde humana.

REFERÊNCIAS

1. Hounsome N, Hounsome B, Tomos D, Edwards-Jones G. Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. *J Food Sci.* 2008; 73(4):48-65. doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00716.x.
2. Nicolle C, Cardinault N, Gueux E, Jaffrelo L, Rock E, Mazur A, *et al.* Health effect of vegetable-based diet: lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. *Clin Nutr.* 2004; 23(4):605-14.
3. El-Arab, E.A.M. A diet rich in leafy vegetable fiber improves cholesterol metabolism in high-cholesterol fed rats. *Paki J Biol Sci.* 2009; 12(19): 1299-1306.
4. Fardet A. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? *Nutr Res Rev.* 2010; 23(1):65-134. doi: 10.1017/S0954422410000041.
5. García MD, Puerta RI, Sáenz MT, *et al.* Hypocholesterolemic and Hepatoprotective Effects of “Triguero” Asparagus from Andalusia in Rats Fed a High Cholesterol Diet. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2012; 2-6. doi: 10.1155/2012/814752.
6. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil / IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. – Rio de Janeiro: IBGE, 2011. 150 p.
7. Lock K, Pomerleau J, Causer L, Altman DR, McKeeM. The global burden of disease attributable to low consumption of fruit and vegetables: implications for the global strategy on diet. *Bull World Health Organ.* 2005;85(2):100-8.
8. Crowe FL, Roddam AW, Key TJ, *et al.* Fruit and vegetable intake and mortality from ischaemic heart dis-ease: results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC)-Heart study. *Eur Heart J.* 2011; 32(10):1235–1243. doi: 10.1093/eurheartj/ehq465.
9. Jackix EJ, Bernardes EM, Raposo HF, Amaya-Farfán J. Cholesterol reducing and bile-acid binding properties of *taioba* (*Xanthosoma sagittifolium*) leaf in rats fed a high-fat diet. *In Press, Food Res Int*, 2013, available on line 7 March.
10. Lichtenstein AH, Russell RM. Essential nutrients: food or supplements? Where should the emphasis be? *JAMA.* 2005; 294(3):351-8.
11. Poulsen M, Mortensen A, Binderup ML, Langkilde S, Markowski J, Dragsted LO. The effect of apple feeding on markers of colon carcinogenesis. *Nutr Cancer.* 2011; 63(3):402-9. doi: 10.1080/01635581.2011.535961.

12. Lucas EA, Li W, Peterson SK, Brown A, Kuvibidila S, Perkins-Veazie P, *et al.* Mango modulates body fat and plasma glucose and lipids in mice fed a high-fat diet. *Br J Nutr.* 2011; 106(10):1495-505. doi: 10.1017/S0007114511002066.
13. Serra AT, Rocha J, Sepodes B, Matias AA, Feliciano RP, de Carvalho A, *et al.* Evaluation of cardiovascular protective effect of different apple varieties - Correlation of response with composition. *Food Chem.* 2012; 135(4):2378-86. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.07.067.
14. Rijken PJ, Timmer WG, Van de Kooij AJ, Van Benschop IM, Wiseman SA, Meijers M, *et al.* Effect of vegetable and carotenoid consumption on aberrant crypt multiplicity, a surrogate end-point marker for colorectal cancer in azoxymethane-induced rats. *Carcinogenesis.* 1999; 20(12):2267-72.
15. Khanal RC, Howard LR, Rogers TJ, Wilkes SE, Dhakal IB, Prior RL. Effect of feeding grape pomace on selected metabolic parameters associated with high fructose feeding in growing Sprague-Dawley rats. *J Med Food.* 2011;14(12):1562-9. doi: 10.1089/jmf.2010.0281.
16. Kumar V, Sinha AK, Makkar HPS, de Boeck G, Becker K. Dietary Roles of Non-Starch Polysaccharides in Human Nutrition: A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2012;52(10): 899-935.
17. Madkor HR, Mansour SW, Ramadan G. Modulatory effects of garlic, ginger, turmeric and their mixture on hyperglycaemia, dyslipidaemia and oxidative stress in streptozotocin-nicotinamide diabetic rats. *Br J Nutr.* 2011; 105(8):1210-7. doi: 10.1017/S0007114510004927.
18. Qiang Z, Lee SO, Ye Z, Wu X, Hendrich S. Artichoke extract lowered plasma cholesterol and increased fecal bile acids in Golden Syrian hamsters. *Phytother Res.* 2012;26(7):1048-52. doi: 10.1002/ptr.3698.
19. Silva VSN. Estudo dos efeitos nutricionais da farinha de polpa e mucilagem extraída do quiabo (*Hibiscus esculentus* L.) [doutorado]. Campinas: Universidade de Campinas; 2006.
20. Kristensen M, Jensen MG, Aarestrup J. Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depend on food type. *Nutr Metab.* 2012;3; 9: 8. doi: 10.1186/1743-7075-9-8.
21. Zunft HJ, Lüder W, Harde A, Haber B, Graubaum HJ, Koebnick C, *et al.* Carob pulp preparation rich in insoluble fibre lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic patients. *Eur J Nutr.* 2003; 42(5):235-42.
22. Khan BA, Abraham A, Leelamma S. Hypoglycemic action of *Murraya koenigii* (curry leaf) and *Brassica juncea* (mustard): mechanism of action. *Indian J Biochem Biophys.* 1995; 32(2):106-8.

23. Adaramoye OA, Achem J, Akintayo OO, Fafunso MA. Hypolipidemic effect of *Telfairia occidentalis* (fluted pumpkin) in rats fed a cholesterol-rich diet. *J Med Food*. 2007;10(2):330-6.
24. Carvalho AF, Portela MC, Sousa MB. Physiological and physico-chemical characterization of dietary fibre from the green seaweed *Ulva fasciata* Delile. *Braz J Biol*. 2009; 69(3): 969-977. doi: 10.1590/S1519-69842009000400028 .
25. Arruda SF, Siqueira EMA, Souza EMT. Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) and Purslane (*Portulaca oleracea*) Leaves Reduce Oxidative Stress in Vitamin A-Deficient Rats. *Ann Nutr Metab* 2004; 48:288–295. doi: 10.1159/000081075.
26. Onyechi UA, Judd PA, Ellis PR. African plant foods rich in non-starch polysaccharides reduce postprandial blood glucose and insulin concentrations in healthy human subjects. *Br J Nutr*. 1998;80(5):419-28.
27. Melo DS, Angelita DC, Flávia CA, *et al*. Efeitos da farinha de folhas de mandioca sobre a peroxidação lipídica, o perfil lipídico sanguíneo e o peso do fígado de ratos. *Ciênc agrotec*. 2007;31(2): 420-428
28. World Cancer Research Fund / American Institute for Cancer Research. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective. Washington DC: AICR, 2007.
29. Bernstein H, Bernstein C, Payne CM, Dvorakova K, Garewal H. Bile acids as carcinogens in human gastrointestinal cancers. *Mutat Res*. 2005; 589(1): 47–65.
30. Carter P, Gray LJ, Troughton J, Khunti K, Davies MJ. Fruit and vegetable intake and incidence of type 2 diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2010; 18:341:c4229. doi:10.1136/bmj.c4229.
31. Cooper AJ, Forouhi NG, Ye Z, *et al*. Fruit and vegetable intake and type 2 diabetes: EPIC-InterAct prospective study and meta-analysis. *Eur J Clin Nutr*. 2012; 66(10): 1082–1092. doi: 10.1038/ejcn.2012.85.
32. American Association of Cereal Chemists (AACC). Report of the Dietary Fiber Definition Committee to the Board of Directors of the American Association Of Cereal Chemists. *Cereal Foods World*, 46(3): 112-126, 2001.

33. Institute of Medicine of the National Academies – IOM (2001). *Dietary reference intakes: energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
34. NRC (National Research Council) (1989) Diet and Health: Implications for Reducing Chronic Disease Risk. Washington, DC: National Academy Press.
35. Guillon F, Champ M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Res Int*. 2000; 33(3): 233-245. doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00038-7.
36. Theuwissen E, Mensink RP. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiol Behav*. 2008; 94(2) 285–292. doi:10.1016/j.physbeh.2008.01.001
37. Isken F, Klaus S, Osterhoff M, *et al*. Effects of long-term soluble vs. insoluble dietary fiber intake on high-fat diet-induced obesity in C57BL/6J mice. *J Nutr Biochem*. 2010; 21(4): 278–284. doi: 10.1016/j.jnutbio.2008.12.012.
38. Anderson JW, Jones AE, Riddell-Mason S. Ten different dietary fibers have significantly different effects on serum and liver lipids of cholesterol-fed rats. *J Nutr*. 1994; 124(1):78-83
39. Lyon MR, Reichert RG. The effect of a novel viscous polysaccharide along with lifestyle changes on short-term weight loss and associated risk factors in overweight and obese adults: an observational retrospective clinical program analysis. *Altern Med Rev*. 2010;15(1):68-75.
40. Wolk A, Manson JE, Stampfer MJ, Colditz GA, Hu FB, Speizer FE, *et al*. Long-term intake of dietary fiber and decreased risk of coronary heart disease among women. *J Am Med Assoc* 1999; 281(21):1998–2004.
41. Gibson GR, Prober HM, Loo JV, Rastall RA, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutr Res Rev*. 2004;17(2):259–275. doi: 10.1079/NRR200479.
42. Sokiić ZB, Knezević J, Vrvic MM. Inulin - potential prebiotic. *Med Pregl*. 2009; 62(3-4):153-156.
43. Beylot M. Effects of inulin-type fructans on lipid metabolism in man and in animal models. *Br J Nutr*. 2005; 93(1):163–168.
44. Tarini J, Wolever Tms. The fermentable fibre inulin increases postprandial serum short-chain fatty acids and reduces free-fatty acids and ghrelin in healthy subjects. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2010; 35(1):9–16. doi: 10.1139/H09-119.

45. Hofmann AF, Hagey LR. Bile acids: chemistry, pathochemistry, biology, pathobiology, and therapeutics. *Cell Mol Life Sci.* 2008; 65(16):2461-83. doi: 10.1007/s00018-008-7568-6.
46. Wu WT, Chen HI. Effects of konjac glucomannan on putative risk factors for colon carcinogenesis in rats fed a high-fat diet. *J Agric Food Chem.* 2011; 59(3): 989-994. doi: 10.1021/jf103532x
47. Kahlon TS, Smith GE, Shao Q. In vitro binding of bile acids by kidney bean (*Phaseolus vulgaris*), black gram (*Vigna mungo*), bengal gram (*Cicer arietinum*) and moth bean (*Phaseolus aconitifolius*). *Food Chem.* 2005; 90(1-2):241–246. doi.org/10.1016.
48. Kahlon TS, Chiu MCM, Chapman MH. Steam cooking significantly improves in vitro bile acid binding of collard greens, kale, mustard greens, broccoli, green bell pepper, and cabbage. *Nutr Res.* 2008; 28(6):351–357. doi: 10.1016/j.nutres.2008.03.007.
49. Ngamukote S, Mäkinen K, Thilawech T, Adisakwattana S. Cholesterol-lowering activity of the major polyphenols in grape seed. *Molecules.* 2011; 16(6):5054-61. doi: 10.3390/molecules16065054.
50. Cook SI, Sellin JH. Review article: short chain fatty acids in health and disease. *Aliment Pharmacol Ther.* 1998; 12(6):499–507.
51. Wong JMW, de Souza R, Kendall CW, Emam A, Jenkins DJ. Colonic health: fermentation and short chain fatty acids. *J Clin Gastroenterol.* 2006; 40(3):235–243.
52. Ferguson LR, Tasman-Jones C, Englyst H, Harris PJ. Comparative effects of three resistant starch preparations on transit time and short-chain fatty acid production in rats. *Nutr Cancer.* 2000; 36(2):230-7.
53. Mcorist AL, Miller RB, Bird AR, Keogh JB, Noakes M, Topping DL, et al Fecal Butyrate Levels Vary Widely among Individuals but Are Usually Increased by a Diet High in Resistant Starch. *J Nutr.* 2011; 141(5): 883–889. doi: 10.3945/jn.110.128504.
54. Todesco T, Rao AV, Bosello O, Jenkins DJ. Propionate lowers blood glucose and alters lipid metabolism in healthy subjects. *Am J Clin Nutr.* 1991; 54(5): 860-5.
55. Ley RE, Turnbaugh PJ, Klein S, Gordon JI. Microbial ecology: human gut microbes associated with obesity. *Nature.* 2006; 444(7122): 1022–1023.
56. Keenan MJ, Zhou J, McCutcheon KL, Raggio AM, Bateman HG, Todd E, et al. Effects of resistant starch, a non-digestible fermentable fiber, on reducing body fat. *Obesity.* 2006; 14(9):1523.
57. Onwueme IC. The tropical tuber crops. John Wiley & Sons Ltd.: Chinchester, 1978.

58. Graziano TT. Variações dos compostos de reserva do sistema subterrâneo de *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott (taioba) durante a brotação e desenvolvimento da planta [doutorado]. Campinas. Universidade Estadual de Campinas; 1990.
59. Carvalho EF, Cordeiro JAD. Um método alternativo e eficiente de propagação vegetativa de inhame (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) e de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott). Acta Amazônia. 1990; 20: 11-18.
60. Pinto NAVD. Avaliação química das folhas, limbos e caules da taioba (*Xanthosoma sagittifolium*Schott), visando seu aproveitamento na alimentação humana [mestrado]. Lavras:Universidade Federal de Lavras; 1998.
61. Abramo MA. Taioba, cará e inhame: o grande potencial inexplorado. São Paulo: Ícone, 1990.
62. Leterme P, Londoño AM, Estrada F, Souffrant WB, Buldgen A. Chemical composition, nutritive value and voluntary intake of tropical tree foliage and cocoyam in pigs. J Sci Food Agric. 2005; 85(10):1725–1732.
63. Sefa-Dedeh S, Agyir-Sackey EK. Chemical composition and the effect of processing on oxalate content of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* cormels. Food Chem. 2004; 85(4):479–487. doi:10.1016/S0308-8146(02)00244-3.
64. Pérez EE, Gutiérrez ME, Dedelahaye EP. Production and Characterization of *Xanthosoma Sagittifolium* and *Colocasia esculenta* Flours. J Food Sci. 2007; 72(6), 367-371.
65. Pinto NAVD, Fernandes SM, Thé PMP, Carvalho VD. Variabilidade da composição centesimal, vitamina c, ferro e cálcio de partes da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). Ver Bras Agroc. 2001; 7(3): 205-208.
66. Iwuoha CI, Kalu FA. Calcium oxalate and physico-chemical properties of cocoyam (*Colocasia esculenta* and *Xanthosoma sagittifolium*) tuber flours as affected by processing. Food Chem. 1995; 54: 61–66
67. Monteiro EB. Caracterização química e estudo das propriedades funcionais biológicas *in vivo* da folha de *taioba* (*Xanthosoma sagittifolium*) [mestrado]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2011.

Manuscript submitted to: *Journal of Food Science*

**“*Taioba (Xanthosoma sagittifolium)*: nutrient composition and physiological effects
on healthy rats”**

Short title: “Physiological effects of *Taioba* leaves.”

**Elisa de Almeida Jackix*^a, Elisa Bernardes Monteiro^a, Helena Fonseca Raposo^b,
Emerielle Cristine Vanzela^b, Jaime Amaya-Farfán^a**

*^a Department of Food and Nutrition, School of Food Engineering, University of
Campinas - Unicamp; R. Monteiro Lobato, 80. PO Box 6121. Campinas, SP, Brazil,
13083-862; ^b Department of Structural and Functional Biology, Institute of Biology,
State University of Campinas – Unicamp; R. Monteiro Lobato, 80. PO Box 6109.
Campinas, SP, Brazil, 13083-862*

*E-mail address: Elisa B. Monteiro - elisacirj@hotmail.com; Helena F. Raposo -
raposohelena@yahoo.com.br; Emerielle Cristine Vanzela –
emerielle@yahoo.com.br; Jaime Amaya-Farfán – jaf@fea.unicamp.br*

**corresponding author: Elisa de A. Jackix (elisajackix@yahoo.com.br) Telephone number and
fax: +55 19 32874672*

ABSTRACT

Several studies have shown that the intake of fruits and vegetables contribute to protect against chronic diseases, mainly due to the presence of dietary fiber (DF) and polyphenols. *Taioba* (*Xanthosoma sagittifolium*) is an edible aroid plant widely grown in many parts of Africa, the Americas and Asia. The tuber portions of *taioba* are widely consumed, however, the leafy portions are generally discarded, despite their nutritive value. In this study we have partly characterized the dietary fiber (DF) of lyophilized *taioba* leaf (LTL), and assessed the possible protective effects on biochemical parameters and on bile acid (BA) production in colon and cecum, when fed to healthy rats for 4 weeks. Forty-five male Wistar rats were assigned to either of five groups: Group 1 received AIN 93G diet (CG: Control); Group 2 received AIN 93G containing 2.5% of cellulose + 2.5% inulin (CEIN_5%); Group 3 received AIN 93G containing 2.5% of cellulose + 2.5% *taioba* fiber (CETA_5%); Group 4 received AIN 93G containing 5% cellulose + 2.5% *taioba* fiber (CETA_7,5%); Group 5 received AIN 93G containing 5% cellulose + 2.5% of inulin (CEIN_7,5%). LTL showed high contents of total fiber, predominantly comprising insoluble DF with glucose as the major monomer. Rats receiving LTL had increased fecal mass and fat excretion, and improved BA profiles by diminishing the proportion of secondary acids, which are associated with colon cancer.

Keywords: *taioba* (*Xanthosoma sagittifolium*), Dietary fiber, cholesterol, bile acids, functional properties *in vivo*.

Practical Application: The present study gives new and valuable information about nutrient composition and some of the *in vivo* functional properties of *taioba* leaves. The results of this research showed that the *taioba* leaf contributed to the removal of dietary fat, and reduced the

concentrations of colon and caecum secondary bile acids, which are associated with colon cancer. The positive effects may be related to a synergy between the fiber and other bioactive substances.

1. Introduction

Consumption of a fruit and vegetable-rich diet has been epidemiologically associated with health benefits especially for chronic diseases including diabetes, cardiovascular disease and cancer. The high contents of dietary fiber, polyphenols and other potent bioactive compounds in plant-rich diets, stand responsible for health benefits of vegetable foods (Li and others 2013). This fact has motivated several studies to identify vegetables and fruits and their specific compounds that may have health-promoting effects (Pérez and others 2007; Hamauzu and others 2011; Woodside and others 2013).

Xanthosoma sagittifolium, popularly named *taio*ba, *tannia*, or *cocoyam* is a tropical tuber crop that belongs to Araceae family. Originally from tropical America, this plant is often grown as staple food in many parts of Africa, America, the Pacific Islands, and Asia. The stem is a starch-rich underground structure, the corm, from which offshoots called cormels develop. The corm, cormels, and leaves of *taio*ba are the main economically important parts of the plant (FAO, 1994), although the leaves use are less widespread. The potential of these crops is particularly high in the humid tropical and sub-tropical regions, although *taio*ba is not grown extensively and most of their aroid production is seldom commercialized. For instance, this plant is frequently sold in markets as raw vegetables with large postharvest losses (Pérez and others 2007).

The tuber portions of *taio*ba constitute an important energy and nutrient source in the diet of some populations, but the leaves, a potential source of nutrients, are commonly discarded (FAO, 1994; Perez and others 2007). The low cost of production, ease of cultivation, nutrient

composition and abundance of favorable climate support *taioba* cultivation in Latin America, may make of this plant a viable alternative for family farming.

Non-starch polysaccharides, which are a major constituent of the *taioba* leaf, include all the plant polysaccharides that cannot be hydrolyzed by the endogenous enzymes in the small intestine of humans, together making up the major part of dietary fiber (DF) (Kumar and others 2012). The definition of DF underwent several modifications over a period of a few decades until the Institute of Medicine (IOM, 2001) established the distinction between ‘dietary fiber’ and ‘functional fiber’. DF consists of nondigestible carbohydrates and lignin that are intrinsic and intact in plants, and functional fiber consists of isolated, nondigestible carbohydrates that have beneficial physiological effects in humans, both of which, according to the IOM, constitute ‘total fiber’.

Dietary fiber may be either soluble or insoluble, both present in all plant foods, although in varying degrees. Soluble dietary fibers dissolve in water to form a gelatinous mass that can be fermented in the large intestine. Insoluble dietary fibers do not form viscous gels and unaltered move through the intestinal tract (Guillon and others 2000). Along the gastrointestinal tract, properties of fiber result in different physiological effects that may result in reduction of serum cholesterol and glycemia, and production of short chain fatty acids, which may be protective against colon cancer and cardiovascular disease. Although most of the proposed beneficial effects of fiber consumption have been attributed to the viscous and gel-forming properties of soluble fiber, the insoluble fiber present in vegetables, fruits and grains can be also strongly associated with reduced risk of chronic diseases (IOM, 2001; Isken and others 2010).

Among the mechanisms proposed for the action of insoluble fiber, the lower effective exposure of the colon lining to carcinogens through decreased transit time, the increased fecal

bulk and the capacity of adsorbing carcinogenic secondary bile acids. Additionally, shorter transit times may lead to lower availability of energetic nutrients, such as triacylglycerol. These phenomena are associated with the prevention of colon cancer, diabetes and obesity (Ferguson and others, 2000; Hamauzu and others 2011).

No studies on the *taioaba* leaf and particularly on its *in vivo* functional properties have been published. Therefore, in the present study, we investigated the nutrient composition and some of the *in vivo* functional properties of *taioaba* leaves, in male Wistar rats.

2. Material and methods

2.1. Production and chemical composition of lyophilized *taioaba* leaf (LTL)

Taioaba leaves were obtained from Central Produce Supply of Campinas S.A. (CEASA, Campinas, SP, Brazil), washed, drained, chopped and boiled in water for 30 minutes (the water was discarded); after that, the leaves were frozen, lyophilized (Model LP 1010, Liobrás, São Carlos, SP, Brazil), and subsequently ground in a micro-grinder (Model TE 048, Tecnal, Piracicaba, SP, Brazil) to obtain a powder with a mean particle size of 10 µm.

The nitrogen content was estimated by the Kjeldhal method, based on the assumption that plant proteins contain 16% nitrogen ($\% \text{ protein} = \% \text{ nitrogen} \times 6.25$). Fat was determined using the Bligh and Dyer and the AOAC methods (Bligh & Dyer, 1959), and ash and moisture by the standard AOAC method (AOAC, 1995). Insoluble and soluble dietary fibers were determined after separation of non-starch polysaccharides by the enzymatic-gravimetric method of Prosky (1988), which measures the sum of indigestible polysaccharides and lignin. Total carbohydrate was estimated by difference. Amino acid content was determined by *high-performance liquid chromatography*, according method described

by White (1986), after derivatization with phenylisothiocyanate. All analyses were performed in triplicate, except for the amino acids, which were in duplicate.

2.2. Qualitative analysis of LTL fiber

The composition of LTL fiber was determined in triplicate by the Englyst (1994) procedure. The sample was incubated with enzymes (heat-stable amylase, amyloglucosidase and protease - Sigma, Missouri, USA), to remove “digestible” starch and protein. The residues were washed with acidified ethanol solution (80% v/v) and then dissolved in sulfuric acid at 35°C, for 30 minutes, to release occurring monomers. The sugars were measured by high-performance liquid chromatography (HPLC – Dionex, model ICS3000, Sunnyvale, California, EUA; column Dionex, model CarboPac PA1, 4x250mm, Sunnyvale, California, EUA; detector PAD), giving values for individual monosaccharides. Water was used as mobile phase (0.7mL·min) and reaction post-column with NaOH 200mM (0.3mL·min). The volume of injection was 25µL; the oven and detector temperatures were set to 21°C. Lignin was determined by the Theander method (1995).

2.3. Animals and experimental procedures

A total of 45, 21-day old, specific-pathogen free male Wistar rats, received from the Multidisciplinary Center for Biological Research of the University of Campinas, Brazil, were maintained under normal light/dark cycle of 12/12 hours, and a temperature of $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ throughout the experiment, by a period of 1 month. The study was approved by the Ethics Committee of the Institute of Biology, University of Campinas (Protocol nº 2140-1). Rats were fed with a standard rodent diet (Rodent Laboratory chow diet 5001, Purina Co., Campinas, Brazil) during a 3-day adaptation period and then divided into 5 groups (n=9 animals/group):

group 1 was fed with AIN 93G diet (CG – Control Group); group 2 received AIN 93-G diet with 2.5% of cellulose + 2.5% of inulin (CEIN_5%); group 3 was fed the AIN 93-G diet containing 2.5% cellulose + *taioba* powder contributing 2.5% *taioba* fiber (CETA_5%); group 4 received AIN 93-G diet with 5% of cellulose and supplemented with 2.5% of *taioba* fiber (CETA_7.5%); group 5 received AIN 93-G diet with 5% of cellulose and supplemented with 2.5% of inulin (CEIN_7,5%). The quantity of LTL added in the diet corresponding to 7.1% was based on a dose that would be possible to replace in the human diet. Throughout the experiment, food and water were consumed *ad libitum*. Food efficiency ratio (FER) was estimated by the ratio between body weight increase and daily food consumption. Table 1 shows the composition of the diets.

After fasting for 12 hours, the animals were decapitated and the blood collected in heparinized tubes. Animal faeces were collected 48 hours before sacrificing, weighed and the fat content determined by the Bligh & Dyer (1959) method.

Table 1. Composition of experimental diets (g.kg⁻¹ diet).

Ingredients	Experimental Diets (g.kg ⁻¹)				
	CG	CEIN_5%	CETA_5%	CETA_7,5%	CEIN_7,5%
Soybean oil	70	70	70	70	70
Cellulose	50	25	25	50	50
Inulin	---	25	---	---	25
<i>Taioba</i> fibre	---	---	25	25	---
AIN-93 Mineral Mix	35	35	35	35	35
AIN-93 Vitamin Mix	10	10	10	10	10
L-cystine	3	3	3	3	3
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
<i>t</i> -butylhydroquinone	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
Casein (89%)	134.8	134.8	134.8	134.8	134.8
Corn starch	438.4	438.4	438.4	413.4	422.4
Maltodextrin	145.6	145.6	145.6	137.4	140.4
Sucrose	110.4	110.4	110.4	104.2	106.5

Diets were based on AIN-93 G. CG – Control Group (AIN 93G); CEIN_5% - AIN 93G diet with 2.5% of cellulose + 2.5% of inulin; CETA_5% - AIN 93G diet containing 2.5% of cellulose + 2.5% of *taioba* fibre; CETA_7.5% - AIN 93G diet with 5% of cellulose supplemented with 2.5% of *taioba* fibre; CEIN_7.5% - AIN 93G diet with 5% of cellulose supplemented with 2.5% of inulin.

2.4.Determination of total, HDL- and LDL-cholesterol, triacylglycerols and insulin

Total cholesterol (TC) and lipoprotein fractions were determined in plasma, which was obtained by centrifuging blood at 12,235 g at 4°C for 15 minutes. The TC and TG levels were determined in triplicate, by colorimetric reactions using specific enzymatic kits (CHOD-PAP; Roche Diagnostic GmbH®, Mannheim, Germany). HDL-c was quantified using a commercial precipitation kit, in triplicate (Wiener Lab®). LDL-c was estimated using the Friedewald formula (1972) (Friedewald, 1972): LDL-c = TC – HDL-c – (TG/5). The blood glucose concentration was measured using the Accu-Chek-Performa® system (Roche). Insulin was measured by radioimmunoassay using rat insulin

as standard and labeled human recombinant insulin (PerkinElmer, Boston, USA, product number: NEX4200-10 μ Ci).

2.5.Determination of bile acids (BAs) in colon and cecum

The method was adapted from Batta (1999). A 100 to 200-mg of intestinal contents of cecum and colon was homogenized in 0.8 mL n-butanol (Sigma-Aldrich®) and 0.15 mL hydrochloric (Sigma-Aldrich®) acid by vortexing and then incubated at 60°C for 4 hours. The samples were centrifuged (4000 *g* x 5 min), and 0.2-mL aliquots were transferred to 2-mL Eppendorf tubes and dried under nitrogen. Then, 0.2 mL of hexamethyldisilazane:trimethylchlorosilane:pyridine derivatization solution (3:1:9 v/v) was added (Sigma, Steinheim, Germany) to the residue. The mixture was incubated at 55°C for 30 minutes and then dried under nitrogen. To the trimethylsilyl derivative formed 0.2 mL of hexane (Fisher Scientific, New Jersey, USA) were added, followed by stirring and filtration through a 0.45- μ m membrane. A 2- μ L of the filtrate was injected into a gas chromatograph (Young Lin, model 6000 series GC System Controller, FID detector) equipped with a SGE capillary column (60m x 0.25 μ m x 0.25 μ m, SGE International Pty. Ltd., Australia). The chromatographic conditions were: injector and detector temperatures, respectively: 260 and 285°C; helium gas flow of 2.0 mL/min, with a split ratio of 5:1. The oven temperature was set to 150°C for the first 2 minutes, increased to 278°C at a rate of 20°C/min, and maintained at 278°C for 50 minutes. The BAs were quantitatively determined by a comparison of the retention times and peak areas of the samples with those of standards (cholic, chenodeoxycholic, deoxycholic, and lithocholic acids; Sigma, Missouri, USA). The analyses were performed in triplicate.

2.6.Statistical analysis

The results were expressed as means $\pm$ standard error (SE). Analysis of variance (ANOVA) was performed and the Duncan test was then applied using the program SPSS® (version 18, Chicago, USA), Differences were considered significant if $p \leq 0.05$.

3. Results and discussion

3.1. Chemical composition of the lyophilized *taioba* leaf (LTL)

Incorporation of lesser known vegetables to the list of human foods has been identified as one of the factors capable of maintaining the balance between population growth and agricultural production, particularly in the tropical and subtropical areas of the world (Gupta and others 2005). Many of these vegetables have been found to be rich sources of functional nutrients whose consumption appears to be associated with a decreased risk of chronic non-communicable diseases (Hounsome and others 2008; Jackix and others 2013). *Taioba* is an example of Brazil's biodiverse resources of edible green leafy vegetables, most of which are grown and utilized only in limited local niches. As with many others of its kind, *taioba* stands with practically no information on its nutrient content, especially of the leafy portion of the plant.

Total protein, fat, ash, total dietary fiber (TDF), soluble dietary fiber (SDF) and insoluble dietary fiber (IDF), carbohydrate and moisture contents of lyophilized *taioba* leaf (LTL) are reported in Table 2. Dietary fiber (DF) is one of the main components of LTL, and the high consumption of this nutrient appears to be associated with a decreased risk of cardiovascular disease (Hounsome and others 2008; Hamauzu and others 2011). The total dietary fiber (TDF), determined by the Prosky (1988) method, composes 35.2% of the LTL, and *insoluble* fiber (IDF) is the *predominant fiber fraction* (28.4%). Based on reported beneficial properties of IDF for human health (Isken and others 2010; Kristensen and others 2012), the *taioba* leaves could have further utility. Recent meta-analyses of prospective

cohort studies have detected a markedly reduced diabetes risk in subjects consuming green leafy vegetable, which are commonly high in IDF (Cooper and others 2012). Additionally, substantial experimental evidence supports the notion that IDF from sources such as wheat bran, fruits and vegetables tend to be more protective against cardiovascular disease than sources of soluble fiber such as oat bran, guar gum and pectin in rodents (Fardet, 2010; Isken and others 2010; Kumar and others 2012).

Fiber ingredients from plants generally contain mixtures of both SDF and IDF in ratios that vary according to environmental and seasonal factors, to the type and stage of maturity of the grain, fruit or vegetable (Kumar and others 2012). Khanum (2000) evaluated dietary fiber contents of vegetables commonly consumed in India. Among the leafy vegetables studied, cabbage, shepu and fenugreek leaves had values for total dietary fiber (TDF) and insoluble dietary fiber (IDF) in the neighborhood of those found in *taioba* leaf, with a wide variation of proportions between SDF and IDF. The data from those authors showed that most of the TDF in these foods was in the form of IDF, just as we have found in *taioba*.

Analysis of the constituent sugars of LTL (Table 2) showed that glucose is the major neutral sugar followed by fructose, xylose and mannose (present in similar proportions), galactose, arabinose and, in minor amounts, fucose. The high content of glucose (61%) suggests predominance of cellulose and hemicelluloses in LTL. Compared with celery, swiss chard and lettuce leaves, LTL exhibited greater proportion of total sugars and glucose in *taioba* although with lower contents of both arabinose and galactose. Kontraszti (1999) determined the DF content of 3 leafy, among seventeen Hungarian foods by two different methods: the Englyst and the Prosky procedures. The values of total sugars and glucose in LTL again were higher than in lettuce, dill and parsley. Xylose and mannose, meanwhile,

were very similar to those of *taioba*, and the arabinose and galactose content was lower in LTL, consistent with the higher content of IDF in LTL than in lettuce, dill or parsley.

Lignin content in LTL was similar to that obtained by Marlett (1993) for lettuce, mustard leaf and spinach (around 3%). Jørgensen (2012) evaluated the chemical composition of the carbohydrate fraction in dry matter of fruits and vegetables showing that kale contained high levels of lignin (4,4g/100g). Recent studies have shown that food lignin is potentially

involved in the prevention of important health conditions, such as colon cancer and cardiovascular disease, in addition to participating in the antioxidant system although the *in vivo* mechanisms involved are not known. In that sense, dietary lignin may reduce the *in-vivo* bile salt reabsorption, mainly via hydrophobic interactions, further reducing the formation of carcinogenic metabolites from bile salts by colon bacteria (Fardet, 2010; Hamauzu and others 2011).

In the present study, DF has been determined by two different methods: the method of Prosky (1988) and Englyst (1994) and, as expected, different values were obtained. The values obtained for TDF in LTL were 35.2% and 19.29%, by the Prosky and by Englyst procedures, respectively. These differences can be justified because Prosky is an enzymatic-gravimetric method which measures the sum of indigestible polysaccharides and lignin, thus not being limited to carbohydrates. The Englyst method, on the other hand, is an enzymatic-chemical method for the measurement of plant-cell wall, non-starch polysaccharides and does not include lignin. Then, it would be expected that values obtained by the Prosky procedure be generally higher than those obtained by the Englyst method. Kontraszti (1999) showed, for instance, that the values determined by the Prosky method were, on average, 50% higher for leafy vegetables, than those obtained by the Englyst method. In addition, the presence of acid monomers such as glucuronic and galacturonic acids, was not included thus contributing to the lower values obtained by the Englyst procedure. In leafy vegetables, such as celery, Swiss chard and

lettuce, the content of uronic acids has been reported to vary from 4.88 to 6.69 g/100 (g dry basis; Villanueva-Suarez and others 2003).

Table 2. Proximate composition of lyophilized *taio*ba leaf (LTL) (g per 100g dry matter).

Total carbohydrate (%)		Crude Protein (%)		Fat (%)		Ash (%)		Moisture (%)*		TDF (%)		SDF (%)**		IDF (%)**		
49.0 ± 0.82		29.4 ± 1.76		10.6 ± 0.26		8.24 ± 0.06		2.72 ± 0.07		35.2 ± 0.26		6.82 ± 0.06		28.4 ± 0.21		
Constituent sugars of LTL (g per 100g dry matter)																
Arabinose		Xylose		Mannose		Fucose		Fructose		Galactose		Glucose		Total sugars		Lignin
0.12 ± 0.01		0.73 ± 0.06		0.61± 0.05		0.08 ± 0.01		5.68 ± 0.60		0.28 ± 2.00		11.8 ± 0.60		19.3 ± 2.00		3.14 ± 0.30
Amino acid composition of LTL (g per 100g dry matter)																
Asp	Glu	Ser	Gly	His	Arg	Ala	Pro	Tyr	Val	Met	Cys	Ile	Leu	Phe	Lys	Total
1.90 ± 0.05	2.37 ± 0.03	0.95 ± 0.01	1.22 ± 0.01	0.44 ± 0.01	1.52 ± 0.02	1.51 ± 0.01	1.05 ± 0.02	0.98 ± 0.01	1.31 ± 0.03	0.18 ± 0.0	0.08 ± 0.0	1.00 ± 0.0	1.95 ± 0.0	1.29 ± 0.01	1.58 ± 0.01	20.28 ± 0.20

**Moisture content in crude *taio*ba was 83.0%; * as % of total carbohydrate. All analyses were performed in triplicate. TDF: Total Dietary Fiber, SDF: Soluble Dietary Fiber, IDF: Insoluble Dietary Fiber. Amino acid composition: Asp: asparagine, Glu: glutamine, Ser: serine, Gly: glycine, His: histidine, Arg: arginine, Ala: alanine, Pro: proline, Tyr: tyrosine, Val: valine, Met: methionine, Cys: cysteine, Ile: isoleucine, Leu: leucine, Phe: phenylalanine, Lys: lysine.

Analyzing Table 2 , the differences noted between the Kjeldahl protein (29.3 ± 1.76%) and the sum of the amino acids (20.3 ± 0.2%) could be explained by the fact that Kjeldhal

determines both amino acid and non-amino acid nitrogen, while the *Taioba* leaf contains large amounts of chlorophyll, which contains a substantial amount of nitrogen in its chemical structure.

Table 2 shows that the LTL contains appreciable amount of amino acids like aspartic acid, glutamic acid, proline, arginine, leucine and lysine, the last 3 being considered either indispensable or conditionally indispensable for human nutrition. Histidine, methionine and cysteine were found at low concentrations. The content of most amino acids in LTL was higher in comparison with broccoli leaves flour (dry basis) (Campas-Baypoli and others 2009), except for tyrosine. The aspartic acid, serine, glycine, valine and methionine contents found in LTL were about twice those in broccoli leaves; phenylalanine, glutamic acid, arginine, isoleucine and leucine concentrations in LTL were three times greater than broccoli leaves.

Final moisture in the LTL was $2.72 \pm 0.07/100\text{g}$, but in fresh *taioba* leaves the moisture content is 83.0 g/100g (Monteiro, 2011). The total ash content of *taioba* is high in comparison with other green leaves. The calcium and iron amount in *taioba* was found to be higher than species like leaf mustard, rocket, cabbage and spinach (TACO, 2011). Many of the green leafy lesser known and underutilized vegetables grown in South India have lower ash content (Gupta and others 2005). Looking into the high prevalence of micronutrient malnutrition among the vulnerable sections in the developing countries, the need for exploration of underutilized foods like *taioba*, may prove worthwhile to overcome nutritional disorders.

3.2. Animals and experimental procedures

Neither substitution nor supplementation with LTL of a normal diet of healthy rats did lead to significant changes in weight gain, diet consumption or feed efficiency ratio (FER) (Table 3). This observation could be taken as evidence that no toxic or antinutritional components are

present in the LTL. Mean fecal mass, meanwhile, was significantly higher in the CETA-7.5% than the other groups, which may be associated with the presence of large amounts of insoluble fiber in LTL. Additionally, studies continue to show that ingestion of insoluble fiber decreases food bolus transit time and carry some energetic nutrients out of the body (IOM, 2001; Isken and others 2010; Kristensen and others 2012), resulting in the excretion of increased fecal weights. In CETA_5%, there was no significant difference in fecal mass, probably because either the amount or the type of insoluble fiber in the diet was not adequate enough to produce an effect. Isken (2010) investigated the potentially protective effects of insoluble cereal fiber (10% w/w) diluting the insoluble with soluble guar fiber (10% w/w) in obese mice. The animals fed insoluble fiber showed energy loss via faeces significantly higher suggesting that less metabolizable energy was extracted from the insoluble, little fermentable fiber diet.

Table 3. Mean daily consumption, body weight gain, fecal mass during 48 hours (g) and food efficiency ratio (FER) of male Wistar rats (means $\pm$ SE).

Group	Body weight gain (g)	Consumption (g)/day	FER (body weight change / daily consumption, g)	Fecal mass (g)	% fat in feces
CG	184.3 $\pm$ 4.9 ^a	20.2 $\pm$ 0.4 ^a	0.33 $\pm$ 0.01 ^a	10.47 $\pm$ 1.27 ^a	4.03 $\pm$ 0.34 ^b
CEIN_5%	174.7 $\pm$ 7.8 ^a	19.6 $\pm$ 0.3 ^a	0.32 $\pm$ 0.01 ^a	8.54 $\pm$ 0.8 ^c	5.63 $\pm$ 0.1 ^{ab}
CETA_5%	183.9 $\pm$ 6.6 ^a	20.2 $\pm$ 0.6 ^a	0.32 $\pm$ 0.00 ^a	13.47 $\pm$ 1.9 ^a	6.69 $\pm$ 1.14 ^a
CEIN_7.5%	185.5 $\pm$ 5.9 ^a	20.5 $\pm$ 0.5 ^a	0.32 $\pm$ 0.01 ^a	12.14 $\pm$ 0.91 ^a	3.54 $\pm$ 0.24 ^b
CETA_7.5%	184.3 $\pm$ 4.4 ^a	21.0 $\pm$ 0.4 ^a	0.31 $\pm$ 0.01 ^a	17.39 $\pm$ 1.89 ^b	7.11 $\pm$ 0.45 ^a

Mean $\pm$ EP; Different superscript letters in column indicate statistical differences (P<0.05). CG – Control Group (AIN 93G); CEIN_5% - AIN 93G diet with 2.5% of cellulose + 2.5% of inulin; CETA_5% - AIN 93G diet containing 2.5% of cellulose + 2.5% of *taioba* fibre; CETA_7.5% - AIN 93G diet with 5% of cellulose supplemented with 2.5% of *taioba* fibre; CEIN_7.5% - AIN 93G diet with 5% of cellulose supplemented with 2.5% of inulin.

The rats that received inulin in the lower concentration (CEIN_5%) showed a significantly lower plasma glucose in comparison to groups CETA_5%, CETA_7.5% and CEIN_7.5%. Intake of inulin has been reported to improve bacterial population and induce a reduction of the pH in ceca associated with rising SCFA concentrations. SCFA, especially butyrate, can prevent insulin resistance and improve glucose levels (Bartolomeo and others 2012).

Table 4. Plasma total cholesterol (TC), triacylglycerol (TG), fasting glucose and insulin in male Wistar rats.

Group	TC (mg/dl)	TG (mg/dl)	Fasting glucose (mg/dl)	Insulin (ng/ml)
CG	86.0 ± 5.24 ^a	157 ± 22 ^a	119 ± 4.73 ^{bc}	0.3253 ± 0.07 ^a
CEIN_5%	61.1 ± 4.53 ^b	148 ± 29 ^a	116 ± 6.65 ^c	0.3895 ± 0.09 ^a
CETA_5%	80.5 ± 3.84 ^a	157 ± 29 ^a	134.6 ± 5.36 ^{ab}	0.5614 ± 0.14 ^a
CETA_7.5%	76.2 ± 2.53 ^{ab}	172 ± 21 ^a	140 ± 4.63 ^a	0.4180 ± 0.11 ^a
CEIN_7.5%	73.5 ± 3.15 ^{ab}	106 ± 16 ^a	132 ± 3.85 ^{ab}	0.4876 ± 0.11 ^a

Média ± EP; Different superscript letters in a column indicate statistical differences (P<0.05). CG – Control Group (AIN 93G); CEIN_5% - AIN 93G diet with 2.5% of cellulose + 2.5% of inulin; CETA_5% - AIN 93G diet containing 2.5% of cellulose + 2.5% of *taio*ba fibre; CETA_7.5% - AIN 93G diet with 5% of cellulose supplemented with 2.5% of *taio*ba fibre; CEIN_7.5% - AIN 93G diet with 5% of cellulose supplemented with 2.5% of inulin.

There were no significant differences in TG (p = 0.483), plasma insulin (p = 0.605), and TC fractions among groups (p = 0.430 for HDL and p = 0.470 for LDL; data not shown) (Table 4).

CEIN_5% exhibited a lower TC compared to the control group and CETA_5%, and the mean of TC was similar between CETA_7.5% and CEIN_7.5% (Table 4). Proposed mechanisms for the hypocholesterolemic effect of dietary fibers in vegetables and fruits were recently reviewed (Hamauzu and others 2011; Jackix and others 2013), but the effect of the *taioba* leaf as an agent in the prevention of hypercholesterolemia has not been studied. The high content of fat in the faeces (but without steatorrhea) of the groups receiving LTL – CETA_5% and CETA_7.5% (40 and 43.3%, respectively, higher than those in the control group – G1, Table 3) demonstrated that substances in the leaf possess a high capacity to bind to dietary fats, thereby promoting a greater elimination of fat from the body. Although the fecal output of cholesterol was not determined, studies show that dietary fiber is capable of increasing the excretion of triacylglycerol and cholesterol. This in turn drives the hepatic conversion of cholesterol into bile acids, thereby decreasing hepatic pools of free cholesterol and eventually resulting in a factor that aided in the control of serum cholesterol. In the present study, the supplementation of the diet with LTL resulted in higher fat fecal output compared with control group, but without promoting the reduction of serum cholesterol to any significant extent. In contrast, the rats fed the diet with inulin, especially in CEIN_5%, showed an expectedly significant serum cholesterol decrease compared to the control and CETA_5% groups.

The colonic content of secondary BAs (deoxycholic and lithocholic acids) in the CEIN_5% was significantly higher than in the CETA_5% group (Table 5), despite the concentrations of primary BAs remained similar and low. This condition was expected, since the colon is the main production site of secondary BA. Although the total BA concentrations in colon were no significantly different among the groups, the percentage of secondary BA in groups CG and CEIN_5% was higher (85 and 95% of total BA, respectively) than those fed *taioba* (CETA_5% and CETA_7.5%) and supplemented with inulin (CEIN_7.5%). Considering that lithocholic and deoxycholic acids are cytotoxic to normal colonic

mucosa causing compensatory mucosal proliferation (Bernstein and others 2005; Wu and others 2011), the groups consuming the *taioba* and inulin are all potential factors that lower the risk of colon cancer.

Table 5: Colonic and caecal bile acid contents of rats fed with different fibre sources.

	Primary BAs		Secondary BAs		
	Chenodeoxycholic Acid (µmol/g)	Cholic Acid (µmol/g)	Lithocholic Acid (µmol/g)	Deoxycholic Acid (µmol/g)	Sum TOTAL (µmol/g)
CG					
Colon	0.11±0.05 ^a	0.14±0.04 ^a	0.96±0.25 ^{ab}	0.48±0.12 ^b	1.70±0.37 ^a
Cecum	0.18±0.16 ^a	0.39±0.19 ^a	0.76±0.11 ^{ab}	0.61±0.19 ^a	1.93±0.35 ^a
CEIN_5%					
Colon	0.04±0.02 ^a	0.15±0.04 ^a	1.18±0.43 ^a	2.28±0.73 ^a	3.65±1.09 ^a
Cecum	0.11±0.08 ^a	0.13±0.07 ^a	0.42±0.17 ^{bc}	1.66±1.04 ^a	2.32±1.28 ^a
CETA_5%					
Colon	0.01±0.003 ^a	0.26±0.17 ^a	0.36±0.13 ^b	0.83±0.39 ^b	1.54±0.61 ^a
Cecum	0.01±0.004 ^a	0.34±0.12 ^a	0.09±0.05 ^c	0.25±0.17 ^a	0.60±0.38 ^a
CEIN_7.5%					
Colon	0.76±0.54 ^a	0.47±0.26 ^a	0.70±0.14 ^{ab}	1.39±0.31 ^{ab}	3.32±0.83 ^a
Cecum	0.31±0.10 ^a	0.94±0.86 ^a	0.80±0.17 ^a	1.04±0.30 ^a	3.09±1.13 ^a
CETA_7.5%					
Colon	0.25±0.17 ^a	0.25±0.12 ^a	0.48±0.12 ^{ab}	0.57±0.11 ^b	1.55±0.28 ^a
Cecum	0.24±0.08 ^a	0.06±0.04 ^a	0.21±0.05 ^c	0.26±0.09 ^a	0.77±0.24 ^a

Mean ± SE; N=6-7 (caecal) e 9 (colon);; Different superscript letters in a column indicate statistical differences between corresponding intestinal segments (P < 0.05). CG – Control Group (AIN 93G); CEIN_5% - AIN 93G diet with 2.5% of cellulose + 2.5% of inulin; CETA_5% - AIN 93G diet containing 2.5% of cellulose + 2.5% of *taioba* fibre; CETA_7.5% - AIN 93G diet with 5% of cellulose supplemented with 2.5% of *taioba* fibre; CEIN_7.5% - AIN 93G diet with 5% of cellulose supplemented with 2.5% of inulin.

In a preliminary study accomplished with the same experimental protocol, Monteiro (2011) analyzed intestinal contents of SCFA aiming to evaluate a prebiotic effect of LTL. In cecum, the groups receiving *taioba* (CETA_5% and 7.5%) showed significantly higher contents of propionic and butyric acids, instead of acetic acid. In colon, the content of total SCFA (sum of propionate, butyrate and acetate) in the groups fed with LTL was significantly higher, showing that *taioba* leaves have high fermentability by intestinal microbiota. In addition, the concentration of propionic acid was significantly higher in CETA_5% and the butyrate content was significantly higher in both CETA_5% and CETA_7.5%, in comparison to the other groups. Current researches show that butyrate and propionate inhibit growth of colon tumor cells, with butyrate also causing apoptosis, reducing metastasis in colon cell lines, and protecting from genotoxic carcinogens (Monteiro, 2011).

4. Conclusions

The chemical composition of the *taioba* leaf showed that besides being an appreciable source of the classical nutrients and, particularly, insoluble fiber, *in-vivo* evaluation reveals to have potential intestinal health properties. This study showed that consumption of the cooked leaf by male Wistar rats could result in significant reduction of factors associated with the risk of colon cancer. Normal animals consuming AIN 93G diets responded favorably exhibiting reduced concentrations of colon and cecum secondary bile acids, which are associated with cancer, and a higher production of butyric and propionic acids, which have protective properties in colonocytes. These findings suggest that, besides components of the leafy vegetable reaching the large intestine and becoming usefully fermentable, the undigested portion significantly contributed to the removal of dietary fat yet without causing steatorrhea.

Acknowledgments

The authors thank the Brazilian Research Council (CNPq) for the scholarship granted to E.A.J. and the Oraft (Clariante S.A. São Paulo, Brazil), for the gift of inulin (Raftline®HP-Gel).

REFERENCES

Association of Official Analytical Chemists – AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International (163th ed). Washington, D.C.: AOAC International.

Bartolomeo FD, Starte JB, Ende WV. 2012. Prebiotics to Fight Diseases: Reality or Fiction? *Phytother Res*, 27. doi: 10.1002/ptr.4901

Batta AK, Salen G, Rapole KR, Batta M, Batta P, Alberts D. et al. 1999. Highly simplified method for gas-liquid chromatographic quantitation of bile acids and sterols in human stool. *J Lipid Res* 40(6):1148–1154.

Bernstein H, Bernstein C, Payne CM, Dvorakova K, Garewal H. (2005). Bile acids as carcinogens in human gastrointestinal cancers. *Mutat Res* 589(1):47–65.

Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37(8):911-917.

Campas-Baypoli ON, Dalia ISM, Carolina BS, Jose ANG, Cuauhtémoc RM, Jaime LC. 2009. Biochemical composition and physicochemical properties of broccoli flours. *Int J Food Sci Nutr* 60(4):163-173. doi: 10.1080/09637480802702015.

- Cooper AJ, Forouhi NG, Ye Z, Buijsse B, Arriola L, Balkau B et al. 2012. Fruit and vegetable intake and type 2 diabetes: EPIC-InterAct prospective study and meta-analysis. *Eur J Clin Nutr* 66(10):1082–1092. doi: 10.1038/ejcn.2012.85
- Englyst HN, Quigley ME, Hudson GJ. 1994. Determination of dietary fibre as non-starch polysaccharides with gas-liquid chromatographic, high-performance liquid chromatographic or spectrophotometric measurement of constituent sugars. *Analyst* 119(7):1497-1509.
- Fardet A. 2010. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? *Nutr Res Rev* 23(1):65-134. doi: 10.1017/S0954422410000041.
- Ferguson LR, Tasman-Jones C, Englyst H, Harris PJ. 2000. Comparative effects of three resistant starch preparations on transit time and short-chain fatty acid production in rats. *Nutr Cancer*, 36(2):230-7.
- Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18(6): 499-502.
- Guillon F, Champ M. 2000. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Res Int* 33(3-4):233-245. doi:10.1016/S0963-9969(00)00038-7.
- Gupta S, Lakshmi AJ, Manjunath MN, Prakash J. 2005. Analysis of nutrient and antinutrient content of underutilized green leafy vegetables. *LWT* 38:339–345.
- Hamauzu Y, Mizuno Y. 2011. Non-extractable procyanidins and lignin are important factors in the bile acid binding and radical scavenging properties of cell wall material in some fruits. *Plant Foods Hum Nutr* 66(1): 70-7. doi: 10.1007/s11130-010-0207-z.

Hounscome N, Hounscome B, Tomos D, Edwards-Jones G. 2008. Plant Metabolites and Nutritional Quality of Vegetables. *J Food Sci* 73(4):R48-65. doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00716.x.

IOM. 2001. Dietary Reference Intakes: Proposed Definition of Dietary Fibre. Washington, DC: National Academy Press.

Isken F, Klaus S, Osterhoff M, Pfeiffer AF, Weickert MO. 2010. Effects of long-term soluble vs. insoluble dietary fibre intake on high-fat diet-induced obesity in C57BL/6J mice. *J Nutr Biochem* 21(4):278–284. doi: 10.1016/j.jnutbio.2008.12.012.

Jackix EJ, Monteiro EB, Raposo HF, Amaya-Farfán J. 2013. Cholesterol reducing and bile-acid binding properties of taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) leaf in rats fed a high-fat diet. In Press, *Food Int* Feb 19.

Joint Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO/WHO. 1994. Tropical root and tuber crops. Production, perspectives and future prospects. Rome: Italy, Chapter 17.

Jørgensen H, Knudsen KEB, Lauridsen C. 2012. Influence of different cultivation methods on carbohydrate and lipid compositions and digestibility of energy of fruits and vegetables. *J Sci Food Agric* 92(14):2876–2882. doi: 10.1002/jsfa.5755.

Khanum F, Siddalinga SM, Sudarshana KKR, Santhanam K, Viswanathan KR. 2000. Dietary fibre content of commonly fresh and cooked vegetables consumed in India. *Plant Foods Hum Nutr* 55(3):207-18.

Kontraszti M, Hudson GJ, Englyst HN. 1999. Dietary fibre in Hungarian foods measured by the Englyst NSP procedure and the AOAC Prosky procedure: a comparison study. *Food Chem* 64(4):445-450. doi:10.1016/S0308-8146(98)00188-5.

- Kristensen M, Jensen MG, Aarestrup J. 2012. Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depends on food type. *Nutr Metab* (3)9:8. doi: 10.1186/1743-7075-9-8.
- Kumar V, Sinha AK, Makkar HPS, de Boeck G, Becker K. 2012. Dietary Roles of Non-Starch Polysaccharides in Human Nutrition: A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 52(10):899-935. doi: 10.1080/10408398.2010.512671
- Li M, Hagerman AE. 2013. Interactions between plasma proteins and naturally occurring polyphenols. In press, *Curr Drug Metab*, Jan 17.
- Marlett JA, Vollendorf NW. 1993. Dietary fibre content and composition of vegetables determined by two methods of analysis. *J Agric Food Chem* 41(10):1608-1612. doi:10.1021/jf00034a016
- Monteiro EB. 2011. Caracterização química e estudo das propriedades funcionais biológicas in vivo da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium*). Dissertation, University of Campinas.
- Pérez EE, Gutiérrez ME, Dedelahaye EP, Tovar J, Lares M. 2007. Production and characterization of *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* flours. *J Food Sci*, 72(6):367-371.
- Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, De Vries JW, Furda I. 1988. Determination of insoluble, soluble and total dietary fibre in foods and food products: interlaboratory study. *J Assoc Off Anal Chem*, 71(5):1017-1023.
- Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP. 2011. 4th. Campinas: NEPA UNICAMP, 161 p.

Theander O, Aman P, Westerlund E, Andersson R, Peterson D. 1995. Total dietary fibre determined as neutral sugars and uronic acid residues, and lignin (The Uppsala Method): collaborative study. *J Assoc Off Anal Chem*, 78(4):1030-1044.

Villanueva-Suárez MJ, Redondo-Cuenca A, Rodríguez-Sevilla MD, Heraz-Martínez ML. 2003. Characterization of Nonstarch Polysaccharides Content from Different Edible Organs of Some Vegetables, Determined by GC and HPLC: Comparative Study. *J Agric Food Chem* 51(20):5950–5955.

White JA, Hart RJ, Kry JC. 1986. An evaluation of the waters pico-tag system for the amino acid analysis of food materials. *J Automat Chem* 8(4):170-177.

Woodside JV, Young IS, McKinley MC. 2013. Fruits and vegetables: measuring intake and encouraging increased consumption. *Proc Nutr Soc* 16:1-10.

Wu WT, Chen HI. 2011. Effects of konjac glucomannan on putative risk factors for colon carcinogenesis in rats fed a high-fat diet. *J Agric Food Chem* 59(3):989-994. doi: 10.1021/jf103532x.

Accepted Manuscript

**Cholesterol reducing and bile-acid binding properties of *taioba* (*Xanthosoma sagittifolium*)
leaf in rats fed a high-fat diet ☆, ☆☆**

Elisa de Almeida Jackix^{a*}, Elisa Bernardes Monteiro^a, Helena Fonseca Raposo^b, Jaime Amaya-Farfán^a.

^a*Department of Food and Nutrition, School of Food Engineering, University of Campinas - Unicamp; R. Monteiro Lobato, 80. PO Box 6121. Campinas, SP, Brazil, 13083-862* ^b *Department of Physiology and Biophysics, Institute of Biology University of Campinas – Unicamp; R. Monteiro Lobato, 80. PO Box 6109. Campinas, SP, Brazil, 13083-862*
E-mail address: Elisa B. Monteiro - elisacirj@hotmail.com; Helena F. Raposo - raposohelena@yahoo.com.br; Jaime Amaya-Farfán – jaf@fea.unicamp.br

**corresponding author: Elisa de A. Jackix (elisajackix@yahoo.com.br) Telephone number and fax: +55 19 32874672*

☆ This work does not present conflicts of interest.

☆☆ All authors participated in protocol development, conception and design of the study, result evaluation, writing, editing and have approved the final version of the manuscript. None of the authors had any financial or personal interest in any company or organization sponsoring the research.

Abbreviations BA, bile acid; CEL, cellulose; CNCD, chronic non-communicable diseases; CYP7A1, cholesterol 7 α -hydroxylase; FER, feed efficiency ratio; FFM, fat-free mass; INU, inulin; LCEL, low cellulose; LTL, lyophilised *taioba* leaf; RAF, relative abdominal fat; SCFA, short chain fatty acid; TAI, *taioba*; TC, total cholesterol; TG, triacylglycerol.

ABSTRACT

The consumption of vegetables has been correlated with reduced risk of chronic non-communicable diseases due to the high fiber content and bioactive compounds found in vegetables. The arrowleaf elephant ear (*Xanthosoma sagittifolium*), which is known in Brazil as *taioba*, is a common plant in tropical America. Although its leafy portion possesses a high nutritional value, it is not widely consumed and has not been well studied. This study assessed the effect of lyophilised *taioba* leaf (LTL) as a hypolipidemic and prebiotic agent. Thirty-two Wistar rats were assigned to four groups: group 1 was fed a high-fat diet containing 3.67% (w/w) cellulose (Low Cellulose - LCEL); group 2 received a high-fat diet supplemented with 10% (w/w) cellulose (CEL); group 3 received a high-fat diet supplemented with 10% (w/w) inulin (INU); and group 4 was fed a high-fat diet supplemented with 28,4% LTL (TAI) to provide 10% (w/w) *taioba* fiber. The groups were fed their respective diets for 4 weeks. The addition of LTL to the diet resulted in reduced weight gain, reduced liver fat, and increased fecal mass and lipid, in addition to higher fecal short chain fatty acid and bile salt concentrations, compared to the LCEL group. Additionally, only the TAI group exhibited a lower serum cholesterol concentration and a higher body ash content ($p < 0.05$) than the LCEL group. Both the high bile salt binding capacity and high fermentability of LTL suggest that this plant may have a protective effect against cardiovascular diseases and bowel cancer.

Keywords: *Taioba* (*Xanthosoma sagittifolium*); cholesterol; dietary fiber; functional properties *in vivo*

1. Introduction

Consumer interest in foods with functional properties such as vegetables is increasing. The beneficial properties of fruits and vegetables are attributed to the presence of vitamins, minerals, dietary fiber, phenolic acids, flavonoids, sterols, carotenoids and others, most of which are essential for health and contribute to the high nutritional quality of the vegetable products (Bumgarner, Scheerens & Kleinhenz, 2012; Giampieri, Alvarez-Suarez, Mazzoni et al, 2012; Hounsome N., Hounsome B., Tomos et al, 2008). *Xanthosoma sagittifolium* (commonly known as *taioba*) is an edible aroid widely grown as a tuber crop in many parts of Africa, America, and Asia. The tubers are commonly consumed and constitute an important energy and nutrient source in the diet of some populations. The leaves of this plant are underutilized and found only occasionally in small markets as a green vegetable (Pérez, Gutiérrez & Dedelahaye, 2007). Although the leaves also grow rapidly and have a significant nutritional value, their use is less widespread (Pérez, Gutiérrez & Dedelahaye, 2007). In South America, the *taioba* leaves are consumed steamed or boiled.

Dietary fiber, which is a major constituent of the *taioba* leaf, is not digested by enzymes in the gastrointestinal tract of mammals. Thus, dietary fiber can pass unaltered through the large intestine or undergo fermentation by colonic microflora. These characteristics result in positive physiological effects, including reduced cholesterol, delayed stomach emptying and eased transit of the fecal bolus (Institute of Medicine of the National Academies, 2005). Nevertheless, it is generally agreed that the overall beneficial effect are the result of a number of substances that are present in vegetables, including the fiber, and that when the benefits are attributed to dietary fiber, the food matrix as a whole should be taken into consideration and not only the fiber (Fardet, 2010; Institute of Medicine of the National Academies, 2005).

Fiber may be classified as soluble and insoluble, and the insoluble fraction is predominant in the *taioba* leaf (Monteiro, 2011). Several studies have reported that the insoluble fiber type has beneficial effects, including an increase in intestinal motility and a shorter contact time between nutrients and non-nutrients, and the absorptive mucosa. These effects can include the eased excretion of toxic and co-carcinogenic compounds of dietary or endogenous origin, such as secondary bile acids, as well as the elimination of residual energy that was not utilized in the foregut (Isken, Klaus, Osterhoff et al, 2010; Brownlee, 2011). These phenomena are associated with the prevention of colon cancer and obesity (Ferguson, Chavan & Harris, 2001; Hamauzu & Mizuno, 2011), provided the greater motility does not result in the loss of efficiency in nutrient utilization. The decreased availability of triglycerides, cholesterol, and bile salts, however, may result in a reduction of the oversupply of these substances and is part of the mechanism by which insoluble fiber manifests its hypocholesterolemic effect (Hamauzu & Mizuno, 2011). An adequate intake for total fiber in foods has been set at 38 and 25 g/d for young men and women, respectively, based on the intake level observed to protect against coronary heart disease. Levels of 10 to 12 g of dietary fiber/1,000 kcal have been suggested as safe, but adverse effects of overconsumption (such as a reduced bioavailability of minerals and gastrointestinal distress) have been observed at levels of up to 75 to 80g/day (IOM, 2005).

The fact that *taioba* is grown in humid tropical and sub-tropical regions, and that it can constitute a subsistence food, makes this plant a target vegetable for a study of this nature. To date, no studies have been published on the *taioba* leaf, particularly on its functional properties *in vivo*. Therefore, the aim of this investigation was to assess some of the *in vivo* nutritional and functional properties associated with the consumption of *taioba* leaves, especially concurrently with high-fat fed diets.

2. Material and methods

2.1. Production of LTLs

Taioba leaves were obtained from Central Supply of Campinas S.A. (CEASA, Campinas, SP, Brazil), washed, chopped, boiled in water, lyophilised (Model LP 1010, Liobrás, São Carlos, SP), and subsequently ground in a micro-grinder (Model TE 048, Tecnal, Piracicaba, SP) to obtain a powder with a particle size of 10 µm.

2.2. Chemical composition of lyophilized *taioba* leaf (LTL)

The nitrogen content was estimated by the Kjeldhal method, based on the assumption that plant proteins contain 16% nitrogen. Protein content of the LTL was then calculated using the formula, % protein = % nitrogen x 6.25. Fat and ash (minerals) were determined using the Bligh and Dyer and the AOAC methods (Bligh & Dyer, 1959; Association of Official Analytical Chemists, 1995). Insoluble and soluble dietary fibers were determined after separation of non-starch polysaccharides by the enzymatic-gravimetric method of Prosky et al. (1988). Moisture was determined by standard methods (Association of Official Analytical Chemists, 1995). All analysis were performed in triplicate. The total carbohydrate content was estimated by difference.

2.3. Animals and diets

A total of 32, 28-day old, specific-pathogen free male Wistar rats, received from the Multidisciplinary Center for Biological Research /UNICAMP, were grown with commercial chow in the animal quarters until a mean weight of 270 ± 18.2 (SD) g was attained (8 weeks of age, when the high fat diet was fed for 4 more weeks). From this point on, the animals were fed the experimental diets. They were maintained under a light/dark cycle of 12/12 hours and a temperature of $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ throughout the experiment. The study was approved by the Ethics Committee of the Institute of Biology at UNICAMP (University of Campinas) (Protocol 2404-1). An experimental diet rich in saturated fat was used

because diets with high fat and low fiber contents are known to induce hypercholesterolemia in both rats and humans (Buttner, Parhofer, Woenckhaus et al, 2006). Both pork lard and coconut oil were sources of dietary fat, and further supplemented with cholesterol in order to magnify the hypercholesterolemic effect (Merat, Casanada, Sutphin et al, 1999). All of the animals received a high-fat and low-fiber diet containing 3.67% (w/w) cellulose (LCEL) diet for 4 weeks, before the starting of the experimental diets. At the end of this period, the animals were assigned to 4 groups (n=8/group) with different experimental diets: (group 1) was fed a high-fat, low-fiber diet containing 3.67% (w/w) cellulose (low cellulose - LCEL); (group 2) was used as the negative control, received a high-fat diet supplemented with 10% (w/w) cellulose (CEL); (group 3) was used as the positive control, was fed with a high-fat diet supplemented with 10% (w/w) inulin (INU); and (group 4) was fed with a high-fat diet supplemented with 10% (w/w) *taioba* fiber, corresponding to 28,4% lyophilised *taioba* leaf - LTL (TAI). Tables 1 and 2 show the compositions of the diets and LTL, respectively. Throughout the experiment, food and water were provided *ad libitum*. Food efficiency ratio (FER) was estimated by the ratio between body weight increase and daily consumption. Feces were collected, fresh weights recorded and moisture contents determined, 1 week before the animals were sacrificed. After fasting for 12 hours, the animals were decapitated, and their blood was collected in heparinized tubes.

2.4.Determination of total cholesterol (TC), triglycerides (TGs), lipid fractions - HDL-c (high density lipoprotein) and LDL-c (low density lipoprotein), insulin and the glucose tolerance test (GTT)

The TC and lipid fractions were determined in serum, which was obtained by centrifuging blood at 12,235 g at 4°C for 15 minutes. The TC and TG levels were determined in triplicate, by colorimetric reactions using specific enzymatic kits (CHOD-PAP; Roche Diagnostic GmbH®, Mannheim, Germany). The variation of TC over time, was the difference between the final (end of the experiment)

TC and initial (after 4 weeks of induction period) TC levels. HDL-c was quantified using a commercial precipitation kit, in triplicate (Wiener Lab®). LDL-c was estimated using the Friedewald formula (1972) (Friedewald, Levy & Fredrickson, 1972): $LDL-c = TC - HDL-c - (TG/5)$. The GTT was performed one week prior to sacrifice, after the rats were subjected to fasting for 6 hours as well as 30, 60, 90, and 120 minutes after a glucose solution (2 g/kg of rat weight, intraperitoneal) was administered. The blood glucose concentration was measured using the Accu-Chek-Performa® system (Roche). Insulin was measured with a radioimmunoassay using Coat-a-Count® kits (Diagnostic Products Corporation, USA).

Table 1. Composition of experimental diets (g/kg diet).

Ingredient composition	LCEL	CEL	INU	TAI
Cellulose	36.7	100	---	---
Inulin	---	---	100	---
<i>Taioba</i> fiber	---	---	---	100
Lard	100	100	100	100
Coconut fat	170	170	170	170
Cholesterol	5.6	5.6	5.6	5.6
AIN-93 Mineral mixture	50	50	50	50
AIN-93 Vitamin mixture	10	10	10	10
L-cystine	1.8	1.8	1.8	1.8
Choline bitartrate	3	3	3	3
Tert-butylhydroquinone	0.02	0.02	0.02	0.02
Casein (89%)	135	135	135	135
Corn starch	149	130	130	130
Sucrose	339	295	295	295

LCEL: 3.67% of cellulose; CEL: 10% of cellulose; INU: 10% of inulin; TAI: 10% of *taioba* fiber (corresponding to 284g/kg of lyophilized *taioba* leaf).

2.5.Determination of total lipids in liver

After sacrifice, the livers of the animals were frozen at 18°C/2 weeks. After thawing, the livers of the animals were macerated and homogenised with a Polytron® (PRO200) for 3 minutes. Total lipids in the liver were determined in triplicate according to the method developed by Bligh and Dyer (Bligh & Dyer, 1959). A 3g sample was homogenized with 10 mL chloroform, 200 mL methanol and 8 mL of distilled water for 30 minutes. The solution was re-homogenized with 10 mL chloroform and sodium sulfate (1.5%). This mixture was stirred for 2 minutes, producing three separated layers. The upper layer contained a methanol-water mixture. The fluffy middle layer contained nonlipid substances and the clear lower layer the tissue lipids dissolved in chloroform. This bottom layer was isolated, filtered and the lipid content determined gravimetrically after evaporating a measured aliquot.

2.6.Determination of fat, relative abdominal fat (RAF), fat-free mass (FFM), and ash in animal carcasses

After thawing, the carcasses were sectioned, lyophilised, and homogenised in a blender. The fat and ash contents were obtained using the Bligh and Dyer and the AOAC methods and analysis performed in triplicate (Bligh & Dyer, 1959; Association of Official Analytical Chemists, 1995). After sacrifice, the abdominal fat was removed, weighed and weights recorded adjusted by body weight to estimate the RAF. Therefore, RAF was defined as the abdominal fat weight (g) / body weight (g). The FFM was calculated by subtracting body fat percentage from total body weight and expressed as grams of fat-free mass.

2.7.Determination of short chain fatty acids (SCFA) in feces

The method used was adapted from AOAC (1997) (Association of Official Analytical Chemists, 1997). A 150-mg of feces was homogenised with 2.5 mL of pure acetone (Sigma-Aldrich®) by

vortexing and then incubated for 15 minutes. The samples were filtered through a 0.45- μ m membrane and transferred to a vial. Then, 5- μ L aliquots were injected into a gas chromatograph (Young Lin, model 6000 series GC System Controller, FID detector, Anyang, Korea) equipped with a SGE® (USA) capillary column (BD20 60 m, ID: 0.25 μ m; Film: 0.25 μ m; International Pty. Ltd., Australia). The chromatographic conditions were as follows: injector and detector temperatures of 260°C and a flow of 1.4 mL/min. The oven temperature was set to 70°C during the first 4 minutes, increased to 175°C at a rate of 13°C/min, maintained at 175°C for 1 minute, increased to 208°C at a rate of 4°C/min, maintained at 208°C for 25 minutes, increased to 240°C at a rate of 5°C/min, and maintained at 240°C for 30 minutes. Helium was used as the carrier gas, and the split ratio was 10:1. The SCFAs were quantitatively determined by a comparison of the retention times and peak areas of the samples with those of standards (acetic, propionic, and butyric acids; Sigma, Missouri, USA). Analyses were performed in triplicate.

2.8.Determination of bile acids (BAs) in feces

The method was adapted from Batta et al. (1999) (Batta, Salen, Rapole et al 1999). A 150-mg of feces was homogenised in 0.8 mL n-butanol (Sigma-Aldrich®) and 0.15 mL hydrochloric (Sigma-Aldrich®) acid by vortexing and then incubated at 60°C for 4 hours. The samples were centrifuged (4000 g x 5 min), and 0.2-mL aliquots were transferred to 2-mL Eppendorf tubes and dried under nitrogen. Then, 0.2 mL of hexamethyldisilazane:trimethylchlorosilane:pyridine derivatization solution (3:1:9 v/v) was added (Sigma, Steinheim, Germany) to the residue. The mixture was incubated at 55°C for 30 minutes and then dried under nitrogen. To the trimethylsilyl derivative formed 0.2 mL of hexane (Fisher Scientific, New Jersey, USA) were added, followed by stirring and filtration through a 0.45- μ m membrane. A 2- μ L of the filtrate was injected into a gas chromatograph (Young Lin, model 6000 series GC System Controller, FID detector) equipped with an Ohio Valley capillary column (OV- 1 Bonded

30 m, ID: 0.32 μ m, Film: 0.50 μ m; Ohio, USA). The chromatographic conditions were: injector and detector temperatures 285°C; helium gas flow of 2.0 mL/min, with a split ratio of 5:1. The oven temperature was set to 150°C for the first 2 minutes, increased to 278°C at a rate of 5°C/min, and maintained at 278°C for 50 minutes. The BAs were quantitatively determined by a comparison of the retention times and peak areas of the samples with those of standards (cholic, chenodeoxycholic, deoxycholic, and lithocholic acids; Sigma, Missouri, USA). Analysis were performed in triplicate

2.9. Statistical analysis

The results are expressed as the mean $\pm$ standard error (SE). Analysis of variance (ANOVA) was performed. The Duncan test was then applied using the program SPSS® (Chicago, USA), version 18. Differences were considered significant if $p \leq 0.05$.

3. Results and discussion

The feed efficiency ratio (FER) was lower in the TAI group compared to the LCEL and CEL groups. Thus, although consumption of the TAI diet was higher, consumption did not lead to a higher weight gain of the rats (Table 3). Owing to its bulky consistency, the diet containing LTL had a lower energy density than the other diets, leading to a higher feed intake of the animals in this group.

Table 2. Proximate composition of lyophilised *taioba* leaf (LTL) (g per 100g dry matter).

Total carbohydrate (%)	Protein (%)	Fat (%)	Ash (%)	Moisture (%)	TDF (%)*	SDF (%)*	IDF (%)*
49.0 $\pm$ 0.82	29.4 $\pm$ 1.76	10.6 $\pm$ 0.26	8.24 $\pm$ 0.06	2.72 $\pm$ 0.07	35.2 $\pm$ 0.26	6.82 $\pm$ 0.06	28.4 $\pm$ 0.21

*% of total carbohydrate; TDF: total dietary fiber, SDF: soluble dietary fiber, IDF: insoluble dietary fiber.

No literature was found pertaining the safety of consumption of the *taioba* leaf by animals or humans. However, since the tubers have been traditionally consumed by small communities and there was a tendency of the animals to ingest greater volumes of food in a apparent attempt to compensate for the lower energy density of the LTL diet, this was understood as a sign of food acceptance or a lack of depression of food intake. The slightly lower weight gain observed in the animals that ingested LTL (Table 3) was associated with the presence of large amounts of insoluble fiber (Table 2). This is supported by earlier studies showing that diets with high content of insoluble fiber have less metabolizable energy and significantly higher energy loss via the feces, in contrast with diets containing high soluble fiber (Isken, Klaus, Osterhoff et al, 2010; Kristensen, Jensen, Aarestrup et al, 2012). This also explains the high fecal mass and the lower FER observed in the TAI group because of the high ingestion by this group of compounds with zero energy contribution (Table 3). Recent studies have reported that, similar to the case of insoluble fiber, indigestible substances associated with the plant cell wall bind to and carry some energetic nutrients out of the body (Isken, Klaus, Osterhoff et al, 2010; Kristensen, Jensen & Aarestrup, 2012). *Taioba* leaves have not been studied in great detail and the possibility should not be discarded that other indigestible compounds besides fiber could eventually explain why the TAI group exhibited a lower weight gain than the CEL group.

Although there were no significant differences in final blood glucose concentration among TAI group and LCEL group, the area under the curve (AUC) obtained after the 30-minute GGT was lower ($p < 0.05$) in the TAI group than in the LCEL group (Table 4). These results indicate that consumption of the leaf resulted in a lower increase in the glucose concentration during the glycaemic peak, which occurred 30 minutes after glucose administration. No significant difference was observed among the different groups when the total AUC was evaluated after 2 hours (Table 4). Although this is the first study of *taioba* leaf consumption, other studies have shown that plant compounds act as competitors for

glucose in the intestine, thereby resulting in a low AUC (Baldea, Martineau, Benhaddou-Andaloussi et al, 2010; Zheng, Shu, Yang et al, 2012).

Table 3. Average daily consumption, weight gain, faecal mass (g) and food efficiency ratio (FER) (means $\pm$ SE) of rats fed high fat diets containing cellulose, inulin or *taioba* fiber.

Groups	Consumption (g/day)	Weight gain (g)	Fresh fecal mass (g)*	FER (body weight increase/ daily consumption. g)
LCEL	21.34 $\pm$ 1.61 ^b	74.84 $\pm$ 5.42 ^{ab}	13.04 $\pm$ 0.65 ^c	0.12 $\pm$ 0.03 ^a
CEL	19.92 $\pm$ 1.41 ^{bc}	82.40 $\pm$ 9.75 ^a	21.20 $\pm$ 1.97 ^b	0.13 $\pm$ 0.02 ^a
INU	18.26 $\pm$ 0.92 ^{bc}	63.25 $\pm$ 9.01 ^{ab}	11.35 $\pm$ 0.76 ^c	0.11 $\pm$ 0.04 ^{ab}
TAI	24.83 $\pm$ 0.74 ^a	61.07 $\pm$ 9.67 ^{bc}	25.31 $\pm$ 1.22 ^a	0.08 $\pm$ 0.03 ^b

Different superscript letters in column indicate statistical differences (P<0.05). N=8. * No significant differences were found in moisture contents among the groups.

Both the positive control group INU and the TAI group exhibited a lower increase in the TC over time, compared to the LCEL and CEL groups (-0.5%, +0.6%, +4.1%, and +7.5%, respectively). However, at the end of the experiment, only the TAI group had a TC concentration that was significantly lower than that of the LCEL group (Table 4). There was no significant difference in the lipid and TG fractions between the groups (data not shown).

Table 4. Final fasting glucose, Total Area Under the Curve (AUC), AUC after 30 min., Insulin Levels, Initial cholesterol (after 4 weeks with diet LCEL) and final cholesterol (Initial and Final total cholesterol - TC) of rats fed high fat diets containing cellulose, inulin or *taioba* fiber.

	Experimental groups			
	LCEL	CEL	INU	TAI
Final glucose (mg/dL)	130 ± 3.36 ^{ab}	118 ± 3.45 ^{bc}	109.5 ± 3.40 ^c	136 ± 6.49 ^a
Total AUC	139 ± 35.6 ^a	123 ± 16.9 ^a	91.0 ± 25.9 ^a	77.6 ± 22.16 ^a
AUC after 30 min.	55.8 ± 15.8 ^a	49.9 ± 3.76 ^{ab}	39.6 ± 8.76 ^{ab}	34.1 ± 10.1 ^b
Insulin (ng/dL)	3.08 ± 0.41 ^a	1.83 ± 0.69 ^{ab}	1.37 ± 0.20 ^b	2.65 ± 0.48 ^{ab}
Initial TC (mg/dL)	71.0 ± 5.4 ^a	63.5 ± 1.5 ^a	70 ± 3.7 ^a	62.3 ± 2.86 ^a
Final TC (mg/dL)	74.1 ± 4.5 ^a	68.6 ± 2.8 ^{ab}	70 ± 3.9 ^{ab}	62.7 ± 3.11 ^{bc}

Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05). N=8.

The excretion of BAs by the rats in the TAI group was approximately 2-fold higher than that in the LCEL and negative control (CEL) groups (Figure 1, p=0.001). These results suggest that there was an elevated BA binding capacity in the TAI group, which can result in a decrease of the hepatic pool of BAs and a reduction of TC (Hamaizu & Mizuno, 2011; Qiang, Lee, Ye et al, 2012). The high quantity of fat in the feces of the TAI group (55% more than in the feces of the LCEL group, Table 5) demonstrated that the leaf has a high capacity to bind to dietary fats, thereby promoting a higher excretion of this substance from the body. Both effects may be responsible for the lower TC concentration observed in the TAI group compared with the LCEL group.

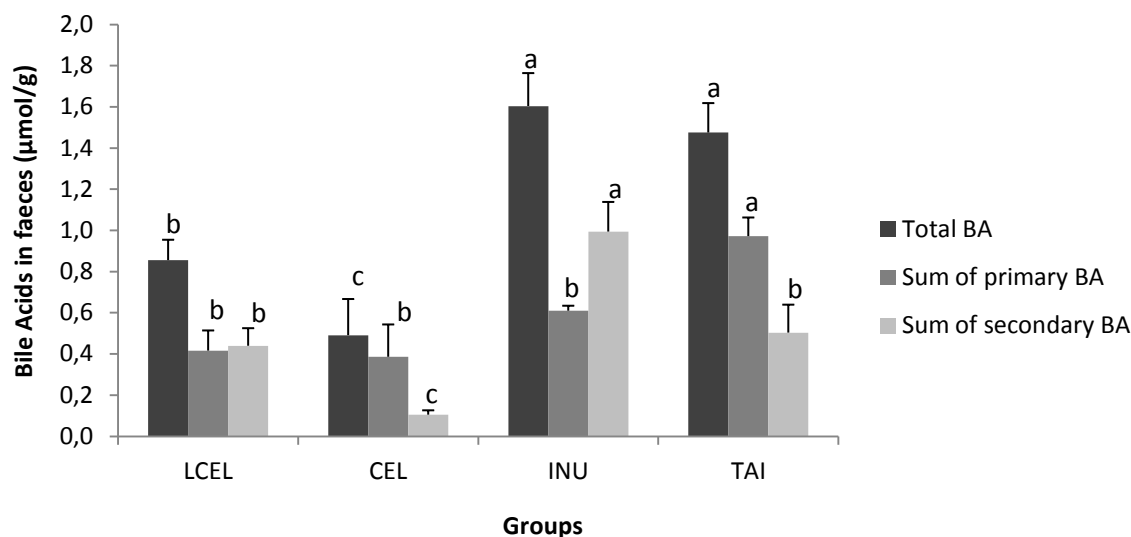


Fig 1. Concentration of Total Bile Acids (primary + secondary), Sum of primary BA (chenodeoxycholic acid + cholic acid) and sum of secondary BA (deoxycholic acid + lithocholic acid) in feces of rats fed high fat diets containing cellulose, inulin or *taioba* fiber. The values represent the means $\pm$ SE. Different superscript letters in column indicate statistical differences ($P < 0.05$). $N = 4$.

Cholesterol is converted to BA through different routes. The final products of this conversion are the primary BAs: chenodeoxycholic and cholic acids. Cholic acid is reabsorbed by hepatocytes and promotes increased activity of CYP7A1 (cholesterol 7 α -hydroxylase), which in turn increases the synthesis and transport of BAs to the intestine (Qiang, Lee, Ye et al, 2012; Wu & Chen, 2011). As shown in Figure 2, the experimental group, ingesting LTL, exhibited higher cholic acid excretion than the other groups ($p = 0.002$), with the exception of the negative control (CEL) group. This result indicates that some component of the leaf may also reduce blood cholesterol through the increased synthesis of BAs and suggests that leaf consumption reduced the reabsorption of cholic acid thus favouring its excretion.

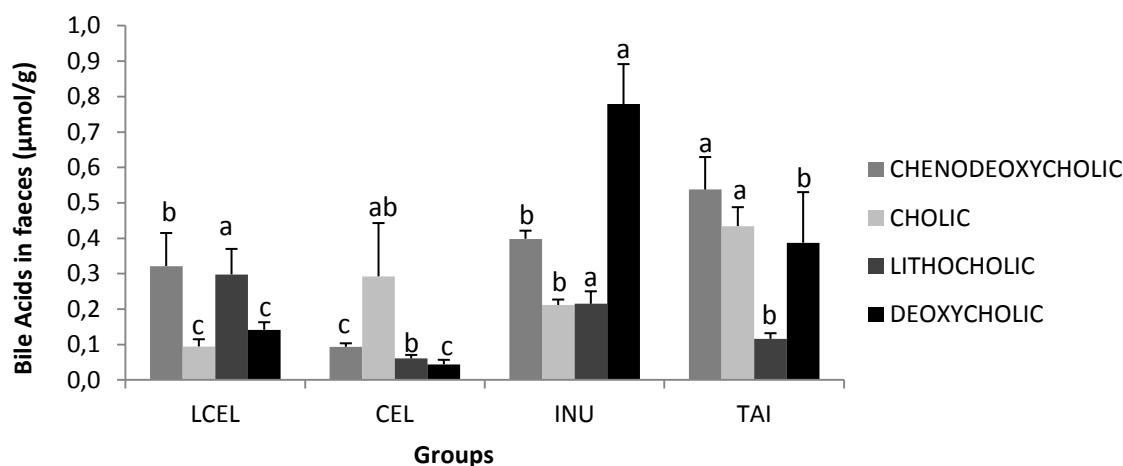


Fig 2. Concentration of chenodeoxycholic acid, cholic acid, deoxycholic acid and lithocholic in feces of rats fed high fat diets containing cellulose, inulin or *taioba* fiber. The values represent the means $\pm$ SE. Different superscript letters in column indicate statistical differences ($P < 0.05$). N=4.

The high excretion of BAs by the rats in the TAI group was due to increased excretion of primary rather than secondary BAs, as seen in Figure 1. The CYP7A1 enzyme, which is responsible for the conversion of primary BAs to secondary BAs, is present in bacterial species such as *Clostridia* and *Eubacteria* but not in *Lactobacilli* and *Bifidobacteria* (Wu & Chen, 2011; Ridlon, Kang & Hylemon, 2006; Takahashi & Morotomi, 1994). Although our data offers no direct support, the possibility that the *taioba* leaf alters the microbiota structure in a way to reduce the production and/or activity of CYP7A1, thereby reducing the conversion of primary BAs to secondary BAs, should not be discarded. Furthermore, considering the greater food ingestion and the high content of insoluble fiber in the LTL diet, and the fact that there were no significant differences in the moisture contents of the feces, it was concluded that the *taioba* leaf accelerated intestinal transit (inferred from the higher fecal weight, Table

3) and thus reduced the possibility of transforming primary acids into secondary acids. In addition, the activity of CYP7A1 is inhibited in more acidic media (Takahashi, Morotomi, 1994; Christl, Bartram, Paul et al, 1997), and inhibition may have occurred as a result of the high fermentability of the LTL (as demonstrated by the higher fecal SCFA content, Table 4). Moreover, it was observed that the TAI group exhibited the lowest fecal concentration of lithocholic acid, while the TAI and the negative control, CEL, groups showed a lower deoxycholic acid concentration than the INU group ($p < 0.05$, Figure 2). Previous studies have shown that secondary BAs, such as lithocholic and deoxycholic acids, are toxic to cells of the intestinal mucosa and lead to a compensatory proliferation of enterocytes, which increases the risk for the development of colon cancer (Wu & Chen, 2011; Ridlon, Kang & Hylemon, 2006). Therefore, the *taioba* leaf can potentially reduce the risk of toxicity to colonocytes.

Whereas both the TAI and positive control (INU) groups exhibited high total SCFA production ($p < 0.05$), both the LCEL and negative control (CEL) groups showed low fermentative capacity and the lowest SCFA production (Table 5). Inulin has been proven to be a prebiotic polymer that promotes the production of SCFAs (Beylot, 2005), but the effect of the *taioba* leaf as a prebiotic vegetable has not been studied. Prebiotic compounds target the colon and affect the environment of the gastrointestinal tract through the production of SCFAs and other bioactive substances. The production of SCFAs in the intestine has been associated with a reduced risk of some diseases, including the irritable bowel syndrome, inflammatory bowel disease, cardiovascular disease, and cancer (Jenkins, Kendall & Vuksan, 1999; Wong, de Souza, Kendall et al, 2006). Because the LTL was found to possess high fermentability, it may be proposed that the boiled *taioba* leaf is a prebiotic source yet without excluding the possible contribution of other fermentable substances to such an effect in addition to the soluble fiber.

Table 5. Fat content in faeces, liver and body (g/100g), Free Fat Mass (FFM) (g/100g), body ash (g/100g), concentration of total of SCFA in faeces (mg/g), and relative abdominal fat (RAF) (g) of rats fed high fat diets containing cellulose, inulin or *taioba* fiber.

	Experimental groups			
	LCEL	CEL	INU	TAI
% Fat in feces*	9.24 ± 0.42 ^c	7.20 ± 0.93 ^d	12.5 ± 0.61 ^b	14.2 ± 0.54 ^a
Total SCFA†	0.35 ± 0.04 ^c	0.36 ± 0.04 ^c	1.30 ± 0.09 ^a	1.05 ± 0.21 ^b
Acetate†	0.21 ± 0.04 ^c	0.22 ± 0.05 ^c	0.59 ± 0.13 ^b	0.83 ± 0.11 ^a
Propionate†	0.07 ± 0.00 ^b	0.07 ± 0.00 ^b	0.47 ± 0.15 ^a	0.12 ± 0.01 ^b
Butyrate†	0.08 ± 0.00 ^b	0.07 ± 0.00 ^b	0.24 ± 0.04 ^a	0.10 ± 0.00 ^b
Liver fat content*	28.6 ± 1.40 ^a	25.0 ± 1.94 ^b	24.0 ± 1.94 ^{bc}	21.3 ± 0.90 ^c
Body fat*	51.6 ± 2.59 ^a	48.3 ± 6.12 ^{abc}	43.9 ± 2.93 ^c	49.8 ± 2.83 ^{ab}
FFM*	48.4 ± 2.46 ^c	51.7 ± 2.53 ^{bc}	56.1 ± 2.86 ^{ab}	50.2 ± 3.09 ^{bc}
Ash*	5.69 ± 0.64 ^c	6.03 ± 0.67 ^{ac}	6.96 ± 0.53 ^{ac}	7.33 ± 0.77 ^{ab}
AFR*	0.043 ± 0.003 ^a	0.044 ± 0.004 ^a	0.033 ± 0.003 ^b	0.038 ± 0.003 ^{ab}

*N=6; † N=4. Means with different superscripts in the same row differ significantly (P<0.05).

As expected, the predominant short fatty acid in the feces of all of the animals was acetic acid (Sembries, Dongowski, Mehrlander et al, 2006; Wong, de Souza, Kendall et al, 2006), although the TAI group exhibited the highest proportion of acetic acid (78%, Table 5). This effect may be related to the presence of fermentative substrates (in high proportions in the LTL) that specifically favored the production of acetic acid compared to other SCFAs. It is suggested that the lower excretion of butyrate and propionate in the TAI group compared to the INU group may reflect the increased use of these fatty acids by the microbiota that colonize the large intestine to obtain energy for maintenance and growth.

This result is consistent with the findings reported by Monteiro (2011), who observed high concentrations of butyric and propionic acids in the caecum and colons of animals receiving LTL compared with animals that received inulin. These results demonstrate a positive physiological effects of the leaf because both of these fatty acids are associated with growth inhibition and apoptosis of colon tumour cells (Ferguson, Chavan & Harris, 2001; Wong, de Souza, Kendall et al, 2006; Mcorist, Miller, Bird et al, 2011).

The percentage of liver fat was lower in the TAI and in positive control (INU) groups ($p < 0.001$), although the TAI group was the only group that significantly differed from the CEL and LCEL groups, with approximately 25.5% less fat (Table 5). Therefore, LTL prevented the accumulation of fat in the liver of animals ingesting a high-fat diet, thereby also demonstrating a hepatoprotective effect. The analysis of the body composition of the animals (Table 5) revealed that only the INU group presented a fat percentage and relative abdominal fat (RAF) lower than those observed in the LCEL group.

Only the LCEL group exhibited a low proportion of FFM and ash in the carcass; however, the only significant difference found was in the ash content of the TAI group ($p < 0.05$). These results indicate that *taioaba* leaf consumption resulted in a greater preservation of the mineral content in the body than the other fiber sources. Other studies have shown that some plant families exhibit a protective effect on bone mass perhaps by several not yet well established mechanisms of action that include the participation of their bioactive compounds (Muhlbauer, Lozano, Palacio et al, 2003). The high fermentability of the LTL contributed to the reduction of intestinal pH (Wong, de Souza, Kendall et al, 2006), which is consistent with increased bioavailability of minerals (Banu, Varela & Fernandes, 2011). Furthermore, the high ash and calcium content of the LTL also explains the increase in the body mineral content that was observed in the animals that consumed the plant (Brownlee, 2011; Tabela brasileira de composição de alimentos, 2011).

Although no studies were found about possible bioactive components of the *Taioba* leaf, a diverse variety of substances beneficial to human health are known to exist in practically all leaves studied, such as lettuce, spinach, cabbage and sweet potatoes leaves. Beyond the dietary fibers, phenolic and polyphenolic compounds (i.e., flavonoids, phenolic acids, and lignans), glucosinolates, terpenoids (sterols, phytol, carotenoids) and alkaloid compounds, have been reported in edible leaves (Hounsome N., Hounsome B., Tomos et al, 2008; Johnson & Pace, 2010).

4. Conclusions

The results suggest that the *taioba* leaf has high fermentability and binding capacity for bile acids, as compared to the positive and negative controls, resulting in the excretion of greater amounts of the primary acids in the feces. These properties indicate that the leaf exhibits the potential of being a dietary aid to lower blood cholesterol and the risk of bowel cancer. No negative effects were noticed after four weeks of feeding the cooked leaf to growing rats, thereby adding an extra advantage to the health benefits observed in this study. The possibility that the positive effects associated with the ingestion of the leaf are related to a synergy between the fiber and other bioactive substances is not excluded. This report shows data characterizing some nutritional and functional properties and related health-benefits of a poorly studied leafy vegetable.

Acknowledgments

The authors thank the Brazilian Research Council (CNPq) for the scholarship granted to E.A.J.

5. References

- Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1995). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (163th ed). Washington, D.C.: AOAC International.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1997) *Official Methods of Analysis of AOAC International* (method 996.06) (163th ed). Arlington, Texas: AOAC International.
- Baldea, N.L.A., Martineau, L.C., Benhaddou-Andaloussi, A. et al (2010). Inhibition of intestinal glucose absorption by anti-diabetic medicinal plants derived from the James Bay Cree traditional pharmacopeia. *Journal of Ethnopharmacology*, 132, 473–482.
- Banu, J., Varela, E., Fernandes, G. (2011). Alternative therapies for the prevention and treatment of osteoporosis. *Nutrition Reviews*, 70, 22–40.
- Batta, A.K., Salen, G., Rapole, K.R. et al (1999). Highly simplified method for gas-liquid chromatographic quantitation of bile acids and sterols in human stool. *The Journal of Lipid Research*, 40, 1148–1154.
- Beylot, M. (2005). Effects of inulin-type fructans on lipid metabolism in man and in animal models. *British Journal of Nutrition*, 93, S163–S168.
- Bligh, E.G., Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911-917.
- Brownlee, I.A. (2011). The physiological roles of dietary fiber. *Food Hydrocolloids*, 25, 238-250.

- Bumgarner, N.R., Scheerens, J.C., Kleinhenz, M.D. (2012). Nutritional yield: a proposed index for fresh food Improvement Illustrated with Leafy Vegetable Data. *Plant Foods for Human Nutrition*, 67, 215–222.
- Buttner R., Parhofer, K.G., Woenckhaus, M., et al (2006) Defining high-fat diet rat models: metabolic and molecular effects of different fat types. *Journal of Molecular Endocrinology*. 36, 485-501.
- Christl, S.U., Bartram, H.P., Paul, A. et al (1997). Bile acid metabolism by colonic bacteria in continuous culture: effects of starch and pH. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 41, 45-51.
- Fardet, A. (2010). New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fiber? *Nutrition Research Reviews*, 23, 65–134.
- Ferguson, L.R., Chavan, R.R., Harris, P.J. (2001). Changing concepts of dietary fiber: Implications for carcinogenesis. *Nutrition and Cancer*, 39, 155-169.
- Friedewald, W.T., Levy, R.I., Fredrickson, D.S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chemistry*, 18, 499-502.
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez J.M., Mazzoni, L. et al (2012). The potential impact of strawberry on human health. *Natural Product Research, iFirst*, 1-8.
- Hamauzu, Y., Mizuno, Y. (2011). Non-extractable procyanidins and lignin are important factors in the bile acid binding and radical scavenging properties of cell wall material in some fruits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 70-7.

Hounsome, N., Hounsome B., Tomos, D., Edwards-Jones, G. (2008). Plant Metabolites and Nutritional Quality of Vegetables. *Journal of Food Science*, 73, 48-65.

Institute of Medicine of the National Academies – IOM (2005). *Dietary reference intakes: energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids*. Washington, D.C.: The National Academies Press.

Isken. F., Klaus, S., Osterhoff, M. et al (2010). Effects of long-term soluble vs. insoluble dietary fiber intake on high-fat diet-induced obesity in C57BL/6J mice. *The Journal of Nutrition Biochemistry*, 21, 278–284.

Jenkins, D.J., Kendall, C.W., Vuksan, V. (1999). Inulin, oligofructose and intestinal function. *Journal of Nutrition*, 129, 1431-1433.

Johnson, M., Pace, R.D. (2010). Sweet potato leaves: properties and synergistic interactions that promote health and prevent disease. *Nutrition Reviews*, 68, 604–61.

Kristensen, M., Jensen, M.G., Aarestrup, J. (2012). Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depend on food type. *Nutrition & Metabolism*, 9, 8.

Merat, S., Casanada F., Sutphin M., et al (1999). Western-type diets induce insulin resistance and hyperinsulinemia in LDL receptor-deficient mice but do not increase aortic atherosclerosis compared with normoinsulinemic mice in which similar plasma cholesterol levels are achieved by a fructose-rich diet. *American Heart Association*, 19, 1223-1230.

Mcorist, A.L., Miller, R.B., Bird, A.R., et al (2011). Fecal Butyrate Levels Vary Widely among Individuals but Are Usually Increased by a Diet High in Resistant Starch. *Journal of Nutrition*, 141, 883–889.

- Monteiro, E.B. (2011). Caracterização química e estudo das propriedades funcionais biológicas *in vivo* da folha de *taioba* (*Xanthosoma sagittifolium*). *Dissertation, University of Campinas*. http://www.fea.unicamp.br/alimentarium/ver_documento.php?did=2277&pid=2&p=24&order=ano
- Muhlbauer, R.C., Lozano, A., Palacio, S. et al (2003). Common herbs, essential oils, and monoterpenes potently modulate bone metabolism. *Bone*, 32, 372–380.
- Pérez, E.E., Gutiérrez, M.E., Dedelahaye, E.P. (2007). Production and Characterization of *Xanthosoma Sagittifolium* and *Colocasia esculenta* Flours. *Journal of Food Science*, 72, 367-371.
- Prosky, L.; Asp, NG; Schweizer, TF; De Vries, JW; Furda, I (1988). Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study. *Journal of AOAC International*, 71, 1017-1023.
- Qiang, Z., Lee, S.O., Ye, Z. et al (2012). Artichoke Extract Lowered Plasma Cholesterol and Increased Fecal Bile Acids in Golden Syrian Hamsters. *Phytotherapy Research*, 26, 1048–1052.
- Ridlon, J., Kang, M.D.J., Hylemon, P.B. (2006). Bile salt biotransformations by human intestinal bacteria. *The Journal of Lipid Research*, 47, 241-259.
- Sembries, S., Dongowski, G., Mehrländer, K. et al (2006). Physiological effects of extraction juices from apple, grape, and red beet pomaces in rats. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 54, 10269-10280.
- Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP (2011). (4th. ed. rev. e ampl.) - Campinas: NEPA UNICAMP, 161 p.
- Takahashi, T., Morotomi, M. (1994). Absence of cholic acid 7 alpha-dehydroxylase activity in the strains of *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*. *Journal of Dairy Science*, 77, 3275-3286.

Wong, J.M.W., de Souza, R., Kendall, C.W. et al (2006). Colonic health: fermentation and short chain fatty acids. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 40, 235–243.

Wu, W.T., Chen, H.I. (2011). Effects of Konjac Glucomannan on Putative Risk Factors for Colon Carcinogenesis in Rats Fed a High-Fat Diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 989-994.

Zheng, T., Shu, G., Yang, Z. et al (2012). Antidiabetic effect of total saponins from *Entada phaseoloides* (L.) Merr. in type 2 diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 139, 814– 821.

CONCLUSÃO GERAL

- A fibra é um dos principais constituintes da folha de taioba, representando 35,2% da folha liofilizada. A ingestão frequente desse nutriente está associada à redução do risco de DCNTs;
- O monossacarídeo encontrado predominantemente na folha de taioba liofilizada foi a glicose (61%), sugerindo a presença de grandes quantidades de celulose e hemicelulose.
- Observou-se menor proporção de ácidos biliares secundários nos animais alimentados com folha de taioba, em substituição ou adição à dieta. Esse resultado evidencia o efeito protetor da folha, já que os ácidos biliares secundários são citotóxicos e estão associados ao desenvolvimento de câncer de cólon;
- A ingestão de folha de taioba propiciou maior excreção de gordura pelas fezes, sugerindo que esse vegetal possa auxiliar na remoção de gordura corporal, sem causar esteatorréia;
- Os animais alimentados com dieta hiperlipídica suplementada com folha de taioba, apresentaram elevadas concentrações de AGCC nas fezes, evidenciando a elevada fermentabilidade da folha. A produção de AGCC no intestino está associada ao menor risco do desenvolvimento de doenças inflamatórias intestinais, assim como doenças cardiovasculares e câncer;
- A folha de taioba promoveu elevada excreção de sais biliares nas fezes, sendo os primários excretados em maior proporção. Sugere-se, portanto, que a folha pode reduzir a formação de ácidos biliares secundários, que são potencialmente carcinogênicos.
- A possibilidade de que a folha de taioba contenha outros compostos bioativos, além da fibra, que contribuam para os efeitos fisiológicos observados, não é descartada.



CEUA/Unicamp



CEUA/Unicamp

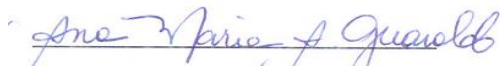
**Comissão de Ética no Uso de Animais
CEUA/Unicamp**

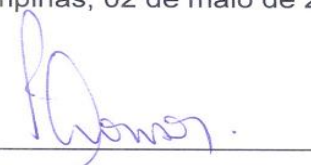
CERTIFICADO

Certificamos que o projeto "Caracterização parcial da estrutura e propriedades fisiológicas das fibras da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium*)" (protocolo nº 2404-1), sob a responsabilidade de Prof. Dr. Jaime Amaya Farfán / Elisa de Almeida Jackix, está de acordo com os **Princípios Éticos na Experimentação Animal** adotados pela **Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório (SBCAL)** e com a legislação vigente, **LEI Nº 11.794, DE 8 DE OUTUBRO DE 2008**, que estabelece procedimentos para o uso científico de animais, e o **DECRETO Nº 6.899, DE 15 DE JULHO DE 2009**.

O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Campinas - CEUA/UNICAMP - em 02 de maio de 2011.

Campinas, 02 de maio de 2011.


Profa. Dra. Ana Maria A. Guaraldo
Presidente


Fátima Alonso
Secretária Executiva