

## CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS CARBOIDRATOS DE RESERVAS DAS RAÍZES DE YACON (*Polymnia sonchifolia*) MANTIDAS SOB CONDIÇÕES AMBIENTAIS E REFRIGERAÇÃO

*Carbohydrate characterization and quantification for yacon (*Polymnia sonchifolia*) stored under ambient and refrigerated conditions*

Marcelo Álvares de OLIVEIRA<sup>1</sup>

Eliane Kassumi NISHIMOTO<sup>2</sup>

### RESUMO

O yacon (*Polymnia sonchifolia*), espécie de Asteraceae introduzida pela colônia japonesa no Brasil por volta de 1989, é utilizada na medicina popular contra diabetes e níveis elevados de colesterol no sangue. Suas raízes tuberosas quando consumidas *in natura*, são suculentas e apresentam gosto adocicado devido à grande quantidade de frutose e seus polímeros, os frutanos, que são encontrados como carboidratos de reserva. O objetivo deste trabalho foi verificar variações nas quantidades de açúcares e oligofrutanos durante o armazenamento do yacon em temperatura ambiente e em refrigeração a 4°C, a fim de determinar qual o período ideal para armazenamento da raiz nas diferentes condições, visando a maior concentração de oligofrutano. A caracterização e quantificação dos açúcares foram realizadas por cromatografia em fase líquida. A diferença básica dos dois armazenamentos, em relação às porcentagens de oligofrutanos, é que sob refrigeração os mesmos tenderam permanecer mais elevadas até os 14 dias e no armazenamento ambiente as mesmas tenderam a diminuir após 7 dias. Com o armazenamento refrigerado recomenda-se um tempo máximo de 21 dias, pois após este período as raízes começaram a apresentar um escurecimento interno. Já com o armazenamento ambiente, o tempo total deve ser de 7 dias.

**Palavras-chave:** Tuberosas tropicais, pós-colheita, frutanos, açúcares.

### SUMMARY

The yacon (*Polymnia sonchifolia*) was introduced into Brazil by the Japanese in 1989. It is used in popular medicine for diabetes and high cholesterol. The yacon contains fructo-oligosaccharides and fructose and has a sweet taste. The aim of this study was to analyze the effect of storage temperature (20°C and 4°C) on yacon carbohydrates. Sugars were analyzed in HPLC. There was a decrease in fructo-oligosaccharides after seven days storage at 20°C. In refrigerated storage the decrease

<sup>1</sup> Pesquisador Doutor CERAT/UNESP – Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Caixa Postal: 237 CEP:18610 - 307 Botucatu/SP, maoliveira@fca.unesp.br

<sup>2</sup> Bolsista FAPESP 2002/2003 CERAT/UNESP/Botucatu. Processo: 01/12805-6

occurred after 14 days. To maintain maximum fructan concentration, the yacon can be storage for 7 days at 20°C and for 21 days at 4°C.

**Keywords:** Tropical roots, postharvest, fructans, sugars.

## INTRODUÇÃO

*Polymnia sonchifolia* Poep. Endl. é uma espécie da família Asteraceae, de origem andina, sendo esta região o centro de diversificação de espécies desde os tempos pré-históricos (Zardini, 1991). A planta de yacon apresenta eixos aéreos, com folhas e gemas vegetativas e florais, e um sistema subterrâneo espessado de naturezas mistas representado por rizóforos e raízes tuberosas (Machado et al., 2004). Os rizóforos são responsáveis pela reprodução vegetativa da espécie e as raízes tuberosas armazenam os carboidratos solúveis que na sua maioria são do tipo inulina (Castillo, 1982; National Research Council, 1989).

A planta é utilizada na alimentação humana, e para este fim são preferidas as raízes tuberosas mais doces, mais suculentas e menos fibrosas que os caules rizomatosos, apresentando sabor semelhante ao da pêra, quando consumidas *in natura* (Ohyama et al., 1990).

O yacon foi introduzido como cultivo comercial no Brasil em 1991, em Capão Bonito – São Paulo, pela colônia japonesa, que utiliza suas raízes *in natura* ou desidratadas como alimentos, assim como suas folhas para o preparo de chá, que é usado no tratamento de diabetes e altas taxas de colesterol no sangue (Kakihara et al., 1996).

Com o crescente interesse que a espécie vem despertando nas áreas médica,

farmacêutica e química, houve necessidade de desenvolver técnicas visando à utilização dessa espécie, sua adaptação às melhores condições de cultivo e à maior produtividade, tanto das raízes tuberosas quanto das folhas.

As técnicas de pós-colheita utilizadas para as raízes tuberosas de yacon, têm sido um fator limitante ao seu manejo, levando as perdas quantitativas (com redução do peso em virtude da perda de água e de matéria seca na respiração) e qualitativas (relativas ao sabor e nutricionais-energéticas) (Phan et al., 1981). No caso das raízes comestíveis, retiradas do solo e destacadas da planta em plena atividade metabólica, existem vários outros fatores que podem acelerar a deterioração desses órgãos, normalmente associados a respostas fisiológicas, químicas e bioquímicas dos tecidos às condições do meio (Robinson et al., 1975). Este é o caso das raízes tuberosas de yacon, que passam por rápidas alterações após serem colhidas, tanto no que diz respeito à sua qualidade como na quantidade de seus compostos.

A composição das raízes tuberosas de 10 linhagens de yacon foi estudada por Nieto (1991). Nestas análises, o autor encontrou valores médios, na base seca, de 3,7% de proteínas, 3,5% de cinzas, 1,5% de matéria graxa, 3,4% de fibras, 0,82% de potássio, 0,12% de fósforo e 67,8% de açúcares totais, concluindo ser um alimento altamente energético.

De acordo com Vilhena et al. (1997), as análises de composição química das raízes de yacon introduzidas no Brasil apresentam maiores quantidades de proteínas (4,34%) do que as apresentadas por Nieto (1991) e valores próximos de cinzas (3,56%), matéria graxa (1,66%) e fibras (3,26%) e açúcares totais (63,18%).

Os açúcares livres verificados nas raízes estudadas por Asami et al. (1989) foram somente frutose, glicose e sacarose, num total de 29% da massa seca; enquanto que a concentração de fruto-oligossacarídeos foi de 50%.

Os fruto-oligossacarídeos, carboidrato de reserva encontrados nos órgãos subterrâneos de yacon são do tipo inulina, com grau de polinização (GP) entre 3 e 10 (Ohyama et al. 1990). Estes se diferenciam dos encontrados em espécies como *H. tuberosus*, *Cichorium* e *Dahlia sp*, os quais apresentam GP maior que 35 (Ohyama et al., 1990; Asami et al., 1991; Fukai et al., 1995; Goto et al., 1995). Os frutanos de cadeias longas (polissacarídeos), dependem de processos de hidrólise para a obtenção de oligossacarídeos.

O yacon armazena frutanos do tipo inulina, polímero composto principalmente de frutose. A frutose é menos cariogênica e de maior poder edulcorante que a sacarose, além de conter menos calorias em nível equivalente a doçura (Figueredo – Ribeiro et al., 1992). Segundo Figueredo et al. (1992), o frutano tem importância devido ao emprego de inulina na medicina, à obtenção de xaropes ricos em frutose (elevado poder edulcorante), à utilização de frutose como adoçante na alimentação de

diabéticos e na produção de álcool por fermentação. Atualmente, a produção industrial de frutose se baseia, sobretudo na utilização do amido hidrolisado de milho.

Os fruto-oligossacarídeos são considerados alimentos funcionais que proporcionam bom efeito gastrointestinal atuando no aumento de bifidobactérias benéficas do intestino. Isto se deve ao fato de que esses carboidratos resistem ao processo digestivo, não sendo hidrolisados na parte superior de trato intestinal, devido à configuração de suas ligações e outras propriedades físico-químicas. Na parte inferior do intestino, eles são metabolizados por bactérias anaeróbicas (bifidobactérias), processo conhecido por fermentação, que produz energia para a sua proliferação, além de gases e ácidos graxos de cadeia curta. Esses ácidos graxos são absorvidos pelo epitélio do cólon e metabolizados em diversas partes do corpo, de onde provem os baixos valores calóricos (1 a 3 Kcal/g) atribuídos aos oligossacarídeos (Incoll & Bonnett, 1996; Ninness, 1999; Alípio, 2000). Além disso, esses compostos apresentam grande poder edulcorante e podem ser excelentes alternativas para sacarose em dietas especiais, como por exemplo, diabéticos.

Sendo assim, o yacon pode ser economicamente atrativo para o processo de extração de frutose, pois seus órgãos subterrâneos (raízes tuberosas e rizóforos) apresentam fruto-oligossacarídeos prontamente hidrolisáveis a frutose (National Research Council – USA, 1989; Vilhena, 1997).

O objetivo deste trabalho foi verificar variações na quantidade dos oligofrutanos

durante o armazenamento do yacon em temperatura ambiente e em refrigeração a 4°C, afim de determinar qual o período ideal para armazenamento da raiz nas diferentes condições, visando a maior concentração de oligofrutanos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Campo experimental

As mudas foram propagadas, por meio de rizóforos, em sacos plásticos. Utilizou-se o substrato plantimax para preenchimento dos sacos e após as mudas atingirem a altura de aproximadamente 20 cm, em telado sob irrigação, foram plantados na área experimental do CERAT/ UNESP/Botucatu, com espaçamento de 1,00 m entre linhas e 0,60 m entre plantas.

O clima de Botucatu é definido, de acordo com a classificação Koeppen, como Csa ou temperado chuvoso, úmido e com verões quentes, precipitação média anual de 1517 mm e a temperatura média anual de 20,6°C. O solo é Latossolo Roxo Destrófico A Moderado. A latitude 22°52'47"S, a longitude 48°25'12" W e a altitude de 810m. Desde o plantio (23/09/2002), foram realizados tratamentos culturais como capinas mensais entre plantas, aplicação de inseticidas e herbicidas e irrigação por gotejamento (Figura 1).



Figura 1. Plantas de yacon com 3 meses de idade.

As plantas de yacon foram colhidas com 245 (lote 1 – armazenamento ambiente) e 259 (lote 2 – armazenamento refrigerado) dias após o plantio, na época de maior produtividade da planta. Após a colheita, as raízes tuberosas foram devidamente lavadas em água corrente para a retirada de todas as sujidades.

Para o armazenamento pós-colheita do lote 1, as raízes foram colhidas e mantidas por 15 dias sob temperatura ambiente ( $19,3 \pm 5,6$  °C), sendo que em intervalo de três dias foram realizadas as análises de caracterização e quantificação de açúcares, totalizando cinco pontos de amostragem. No armazenamento do lote 2 as raízes foram colhidas e mantidas por 30 dias sob refrigeração a 4°C (Vilhena et al. 2000) e as análises foram realizadas em intervalo de sete dias, totalizando também cinco pontos de amostragem.

Em ambos os experimentos as raízes foram amontoadas e armazenadas em caixas plásticas de dimensões internas 0,55 m X 0,35 m X 0,29 m.

### Caracterização e quantificação dos açúcares

A caracterização e quantificação dos açúcares foi realizada por cromatografia em fase líquida: HPLC (High Performance Liquid Chromatography) da marca VARIAN modelo PRO STAR 410, com duas bombas binárias e injetor automático (AUTO SAMPLER 410), detector IR (índice de refração). A coluna utilizada foi a HPX 87P (fase estacionária de chumbo) e a pré-coluna 125-0119, ambas BIORAD (Biorad, sd; Scott, 1992), com temperatura da coluna a 85°C. O tempo de corrida foi de 30 minutos, com fluxo de 0,6 ml por minuto. Os padrões utilizados para comparação foram de glicose, frutose e sacarose produzidos pela Synth. A quantificação dos oligofrutanos do yacon foi feita em função da porcentagem de área dos oligofrutanos em relação à área total dos açúcares.

Os oligofrutanos e os açúcares foram extraídos pelo método a quente, que consistiu em misturar na proporção 1:1 raiz e água a 95°C e bater no liquidificador durante aproximadamente dois minutos. A mistura foi peneirada e colocada em béquero de 250ml sobre tela de amianto e levada ao fogo para inativar as enzimas que quebram a inulina. O pH da solução foi ajustado a 7, para que não ocorresse a despolimerização das cadeias. Após, atingido

95°C, foram cronometrados dez minutos e retirada do fogo. Na temperatura ambiente a mistura foi filtrada com o auxílio de uma bomba a vácuo, e o filtrado foi armazenado em duplicata e congelado, para posterior caracterização dos açúcares em HPLC.

Após o término das coletas, as amostras foram descongeladas e novamente preparadas, de modo a retirar as impurezas para a injeção em coluna de HPLC. Este processo consistiu em verificar o teor de sólidos solúveis (°Brix), após o descongelamento de cada uma das amostras, que se encontravam na proporção 1:1 (água e raiz de yacon), para uma nova diluição com água destilada e deionizada para atingir 1°Brix. Após a diluição, a amostra foi aquecida em banho-maria a 35°C para facilitar a solubilidade dos açúcares, e foi centrifugada a 12000rpm durante 10 minutos. Em seguida, foi filtrada em membrana PVDF com 0,22mm de poro, 13mm de diâmetro, hidrofílica, marca MILLI PORE, com auxílio de um *rolder* e seringa de 1 ml, para reter o material sólido e, finalmente, colocado em frasco do injetor automático (vial) para a leitura.

### Delineamento Estatístico

Os resultados obtidos das concentrações dos açúcares e dos oligofrutanos foram submetidos, separadamente, em cada lote, à análise estatística pelo programa SAS, sendo realizada a análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de tukey no nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Armazenamento a temperatura ambiente –

#### Lote 1

Durante o armazenamento a temperatura ambiente, as concentrações de sacarose aumentaram até o 7° dia e em seguida ocorreu uma tendência de queda, entretanto estatisticamente os valores do 3° ao 14° dia de armazenamento foram iguais (Tabela1).

**Tabela 1.** Quantidade açúcares em porcentagem nas amostras de yacon do lote 1, mantidas em condições do ambiente, em função dos dias após a colheita.

Dias de Armazenamento	Concentração de açúcar em porcentagem		
	Sacarose	Glicose	Frutose
Ponto zero	1,33 b	1,22 a	1,43 b
3	5,86 a	2,28 a	3,00 ab
7	5,28 a	1,56 a	3,53 ab
10	4,87 ab	1,99 a	3,45 ab
14	4,98 ab	2,67 a	4,97 a
DMS %	3,8	2,1	2,9
CV%	44,0	33,6	32,7

• Comparação na coluna seguida de letras iguais não diferem significativamente ( $p > 0.05$ ).

Em relação à glicose não ocorreu diferença significativa entre os dias de armazenamento. As concentrações de frutose aumentaram no decorrer do armazenamento atingindo ao final do mesmo índices 3 vezes superiores à do início do experimento, decorrente das quebras das moléculas de oligofrutanos, liberando moléculas de frutose. Entretanto, estatisticamente apenas as concentrações de frutose do ponto zero foram inferiores as concentrações encontradas no 14° dia de armazenamento.

No pós-colheita das raízes, todas as reações metabólicas da planta continuam ocorrendo e, para isto, a mesma necessita de energia, que é conseguida através da quebra de açúcares nas formas mais simples de mono e dissacarídeos. Durante o armazenamento, foi bastante visível o aumento da concentração de frutose e sacarose com o decorrer do armazenamento, sendo que para a glicose houve um comportamento diferente, devido a baixa atividade específica da enzima que faz a quebra das ligações entre glicose e frutose, fazendo com que os valores de glicose permanecessem constante durante todo o armazenamento. Estes dados encontram apoio em Fukai et al. (1993), que afirmaram existir enzimas específicas que são responsáveis pela síntese e degradação de sacarose, glicose e frutose, mas que ainda necessitam de estudos durante o pós-colheita de raízes de yacon.

Os oligofrutanos do tipo inulina são polímeros de frutose que apresentam uma glicose na extremidade da molécula (Avigad & Dey, 1997 citado por Carvalho et al., 2004). Assim sendo, cada oligofrutano dependendo do tamanho da cadeia terá muitos polímeros de frutose e apenas um de glicose. Para os oligofrutanos, não ocorreu diferença significativa entre as porcentagens durante o armazenamento, entretanto, verificou-se uma tendência de diminuição da porcentagem de oligofrutanos durante o armazenamento (% de perda do ponto zero para o final do experimento de 7,88%), o que explicaria os aumentos significativos nas concentrações de sacarose e frutose durante o experimento (Tabela 2).

**Tabela 2.** Porcentagem de oligofrutano em relação à área total de açúcar no perfil de HPLC e aumento/diminuição em porcentagem de oligofrutano em relação ao ponto zero nas amostras de yacon do lote 1, mantidas em condições do ambiente, em função dos dias após a colheita.

Dias de armazenamento pós-colheita	Porcentagem de oligofrutano	Aumento/diminuição em porcentagem de oligofrutano em relação ao ponto zero
Ponto zero	72,35 a	0,00
3	74,41 a	+02,84
7	76,62 a	+05,90
10	68,51 a	-05,30
14	66,65 a	-07,88
DMS %	18,72	
CV%	9,94	

• Comparação na coluna seguida de letras iguais não diferem significativamente ( $p > 0.05$ ).

Portanto, o tempo total de armazenamento a temperatura ambiente deve ser de 7 dias, pois posteriormente ocorre tendência de diminuição na porcentagem de oligofrutanos.

#### Armazenamento sob refrigeração – Lote 2

Durante o armazenamento refrigerado, as porcentagens de sacarose aumentaram progressivamente até o final do experimento (Tabela 4).

**Tabela 4.** Quantidade açúcares em porcentagem nas amostras de yacon do lote 2, mantidas sob refrigeração, em função dos dias após a colheita.

Dias de Armazenamento	Concentração de açúcar em porcentagem		
	Sacarose	Glicose	Frutose
0	2,83 b	1,87 a	2,39 a
7	4,03 ab	1,11 a	2,35 a
14	8,96 a	1,21 a	2,58 a
21	8,13 a	0,82 a	1,97 a
28	8,47 a	1,53 a	4,07 a
DMS %	5,2	1,29	1,9
CV%	34,0	36,1	37,47

• Comparação na coluna seguida de letras iguais não diferem significativamente ( $p > 0.05$ ).

Em relação às concentrações de glicose, não se verificou diferença significativa durante o armazenamento. As concentrações de frutose não diferiram significativamente durante o armazenamento, entretanto no final do armazenamento o valor numérico foi maior. Com o armazenamento refrigerado o aumento progressivo na concentração de frutose não ficou bem caracterizado como o que ocorreu no armazenamento ambiente.

As concentrações de sacarose aumentaram durante o armazenamento e os valores numéricos encontrados ao final do experimento refrigerado foram numericamente superiores aos do experimento a temperatura ambiente. A diferença básica entre as duas temperaturas de armazenamento é que as

reações metabólicas durante o armazenamento refrigerado ocorreram de forma mais lenta. Assim sendo, verificou-se um acúmulo maior do dissacarídeo (sacarose) devido a menor necessidade de quebra total dos oligofrutanos

para manter o ciclo vital da raiz.

As porcentagens de oligofrutanos tenderam a diminuir durante o armazenamento, entretanto estatisticamente estas diferenças não foram visíveis (Tabela 5).

**Tabela 5.** Porcentagem de oligofrutano em relação à área total de açúcar em HPLC e diminuição em porcentagem de oligofrutano em relação ao ponto zero, nas amostras de yacon do lote 2, mantidas em condições de refrigeração a 4°C, em função dos dias após a colheita.

Dias de armazenamento pós-colheita	Concentração de oligofrutano (%)	Diminuição em porcentagem de oligofrutano em relação ao ponto zero
0	79,10 a	0,00
7	74,77 a	-05,47
14	77,12 a	-02,50
21	71,57 a	-09,52
28	67,28 a	-14,94
DMS %	19,47	
CV%	9,81	

• Comparação na coluna seguida de letras iguais não diferem significativamente ( $p > 0.05$ ).

Diferente do ocorrido no armazenamento ambiente, não se verificou uma tendência inicial de aumento das porcentagens de oligofrutanos. Este fato ocorreu devido a colheita das raízes utilizadas para o armazenamento refrigerado terem ocorrido duas semanas após a colheita das raízes utilizadas no Lote 1 (ambiente),

quando as porcentagens de oligofrutanos já se encontravam em níveis superiores. Do ponto zero até o 28° dia de armazenamento, observou-se um decréscimo nas concentrações de oligofrutanos de 14,94%, sendo que até o 14° dia de armazenamento este decréscimo foi de apenas 2,50%.

Em relação ao armazenamento refrigerado, verificou-se que após 21 dias de armazenamento as raízes começaram a apresentar um escurecimento interno. Estes dados encontram apoio em Quijano et al. (2002), que afirmaram que as atividades das enzimas peroxidase e polifenoxidase podem ser usadas como parâmetros bioquímicos de início de senescência e escurecimento de yacon. Assim sendo, os autores afirmaram que o consumo *in natura* pode ser feito até o 6° dia de armazenamento a temperatura ambiente e em até 12 dias em temperatura de refrigeração.

Os dados deste experimento e de Quijano et al. (2002) discordam de Vilhena et al. (2000) que afirmaram que as raízes de yacon podem ser armazenadas por até 30 dias para consumo *in natura* em temperatura de refrigeração de 4°C.

## CONCLUSÕES

- Em relação aos monos e dissacarídeos, tanto no armazenamento ambiente como no refrigerado, a sacarose teve um aumento significativo durante o armazenamento. Em relação à frutose, verificou-se o aumento significativo nos teores apenas no armazenamento a temperatura ambiente. As concentrações de glicose permaneceram constantes durante ambos armazenamentos.

- A diferença básica entre os dois armazenamentos, em relação às porcentagens de oligofrutanos, é que sob refrigeração, as mesmas tenderam permanecer mais elevadas até os 14º dia e no armazenamento ambiente as mesmas tenderam a diminuir após 7 dias.

Com o armazenamento refrigerado, recomenda-se um tempo máximo de armazenamento de 14 dias e de 7 dias para o armazenamento a temperatura ambiente, pois após este período há uma tendência de diminuição da porcentagem de oligofrutanos.

## REFERÊNCIAS

- ALIPIO, R. Oligossacarídeos e suas propriedades funcionais. **Food Ingredients**, n. 7, p. 94-95, 2000.
- ASAMI, T.; KUBOTA, M.; MINAMISAWA, K.; TSUKIHASHI, T. Chemical composition of yacon, a new root crops from the Andean Highland. **Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.**, v. 60, p. 122-6, 1989.
- ASAMI, T.; MINAMISAWA, K.; TSUCHITA, T.; KANO, K.; HORI, I.; OHYAMA, T.; KUBOTA, M.; TSUKIHASHI, T. Flutuation of oligofrutan contents in tuber of yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. **Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.**, v. 62, p. 621-7, 1991.
- BIORAD. Manuais Técnicos para pré-coluna e coluna HPLC. California, s.d.
- CARVALHO, S. et al. Fructanos en raices tuberosas de yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl.) expuestas al sol y almacenadas bajo condiciones ambientales. **Agro-Ciência**, v. 20, n. 1, p.17-23, 2004.
- CASTILLO, R. O Andean crops in Ecuador: collecting, conservation and characterization. FAO/IBPGR. **Plant Genetic Research**. v. 77, p. 35-36, 1982.
- FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C.; DIETRICH, S. M. C.; CARVALHO, M. A. M.; VIEIRA, C. C. J.; ISEJIMA, E. M.; DIAS-TAGLIACOZZO, G. M.; TERTULIANO, M. F. As múltiplas utilidades dos frutanos. Reserva de carboidratos em plantas nativas do cerrado. **Ciência Hoje**, v. 14, p. 16-18, 1992.
- FUKAI, K.; MIYAZAKI, S.; NANJO, F.; HARA, Y. Distribution of carboydrates and related enzyme activities in yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil Sci. Plant Nutr.**, v. 39, n. 3, p. 567-571, 1993.
- FUKAI, K., OHNO, S., GOTO, K., HARA, Y. Seasonal growth and fluctuation of sugar content in yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and dormancy. **Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.**, n. 66, p. 233-37, 1995.
- GOTO, K.; FUKAI, K.; HIKIDA, J.; NANJO, J.; HARA, Y. Isolation and strutral analysis of yacon oligossaccharides. **Biosci. Biotech. Biochem.**, n. 59, p. 2346-47, 1995.
- INCOLL, L. D. & BONNETT, G. D. Fructans in the Compositae – a short review. In: CALIGARI, P. D. S., HIND, D. J. N. (eds). Compositae: Biology & Utilization. **Proceedings of the International Compositae Conference**. v. 2, p. 401-413, 1996.
- Botucatu, v. 1, p. 30-39, outubro, 2005

- KAKIHARA, T.S., CÂMARA, F.L.A., VILHENA, S.M.C. et al. Cultivo e industrialização de yacon (*Polymnia sonchifolia*): uma experiência brasileira. In: **Congresso Latino Americano de Raízes Tropicais, 1 e Congresso Brasileiro de mandioca, 9, 1996. RESUMO** nº 148.
- MACHADO, S. R.; OLIVEIRA, D. M. T.; DIP, M. R.; MENEZES, N. L. Morfoanatomia do sistema subterrâneo de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson (Asteraceae). **Rev. Bras. Bot.**, v. 26, n. 1, 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Lost crops of the incas**: little-known plants of the andes with promise for worldwide cultivation. Washington: Academy Press, 1989. 415p.
- NIETO, C. C. Estudios agronomicos y bromatológicos em “jicama” (*Polymnia sonchifolia* Polp. Endl.). **Arch. Latinoam. de Nutr.**, v. 41, p. 213-21, 1991.
- NINESS, K. R. Inulin and oligofructose: What are they? **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7, p. 402-6, 1999.
- OHYAMA, T.; ITO, O.; YASUYOSHI, S.; IKARASHI, T.; MINAMIZAWA, K.; KUBOTA, M.; ASAMI, T.; TSUKHASHI, T. Composition of storage carbohydrate in tuber of yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Soil. Sci. Plant Nutr.**, v. 36, p. 167-71, 1990.
- QUIJANO, F. G.; VILHENA, S. M. C.; LIMA, G. P. P.; CÂMARA, F. L. A.. Atividades de peroxidase e polifenoxidase durante o armazenamento pós - colheita de yacon (*Polymnia sonchifolia* POEP & ENDL) . **Acta Hort.**, v. 569, p. 213-219, 2002.
- SCHOR-GALINDO, S.; GUIRAUD, J. P. Sugar potencial of differents jerusalém artichoke cultivars according to harvest. **Bioresource Technology**, v. 60, p. 15-20, 1997.
- VILHENA, S. M. C. **Efeitos da exposição ao sol e do armazenamento sobre o conteúdo e a composição dos carboidratos de reserva em raízes tuberosas de yacon**. 1997. 63f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.
- VILHENA, et al. O cultivo de yacon no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 1, p. 5-8, 2000.
- ZARDINI, E. Ethnobotanical notes on “yacon” *Polymnia sonchifolia* (Asteraceae). **Encon. Bot.**, v. 45, p. 72-85, 1991.