

AUTORES
AUTHORS

✉ **Marcelo Alvares de OLIVEIRA**
Pesquisador Dr. CERAT/UNESP/Botucatu
CP 237 – CEP: 18603-970
e-mail: pesq3cerat@fca.unesp.br

Eliana Kassumi NISHIMOTO
Graduanda em Engenharia Agrônômica
FCA – UNESP – Botucatu
Bolsista de Iniciação Científica, FAPESP

RESUMO

O yacon (*Polymnia sonchifolia*) é uma planta natural da região andina e foi introduzido como cultivo comercial no Brasil em 1991, em Capão Bonito - São Paulo. O interesse está focado tanto nas fibras solúveis como nas insolúveis (oligossacarídeos e inulina). Diante da importância relatada dos oligofrutanos, o objetivo do trabalho foi determinar o melhor estágio de desenvolvimento da planta visando à obtenção da maior quantidade de oligofrutanos, com a finalidade de otimizar custos de estocagem em câmara fria para a comercialização. O plantio foi efetuado no dia 13 de setembro de 2001. As análises de altura média das plantas, peso médio de raízes por planta, matéria seca das raízes, perfis de açúcares em HPLC e °Brix das raízes foram feitos de 14 em 14 dias. Em relação à produtividade verificou-se que a melhor época de colheita ocorreu entre a 33ª e 35ª semana após o plantio. Os perfis de açúcares e a porcentagem de oligofrutanos em relação ao total de açúcares e também o valor de °Brix não diferiram significativamente durante o experimento, entretanto numericamente ocorreram diferenças. Portanto, a melhor época de colheita foi entre a 31ª e 35ª semana, pois durante estas semanas os teores de °Brix e peso médio de raízes foram numericamente mais elevados, ocorrendo uma maior quantidade de oligofrutanos.

SUMMARY

Yacon (*Polymnia sonchifolia*) is an Andean plant that was introduced into Brazil in the city of Capão Bonito, São Paulo state, in 1991. The plant is cultivated mainly for its soluble and insoluble fiber contents (oligosaccharide and inulin contents). Due to the importance of oligofructans, this work aimed at determining the best developmental stage of the plant for harvesting in order to maximize oligofructan production, with the objective of optimizing low temperature storage costs for commercialization. Planting was carried out on September 13th 2001. Average plant height, average root weight and moisture content, HPLC sugar profile and °Brix were determined every 14 days. The results showed that the best productivity occurred between the 33rd and 35th weeks after planting. The sugar profiles, percent oligofructans of the total sugar content and °Brix did not differ significantly during the experiment, although numerical differences occurred. Thus the best time to harvest yacon was shown to be between the 31st and 35th weeks, when the values for °Brix and average root weight were higher and the amount of oligofructans greater.

PALAVRAS-CHAVE
KEY WORDS

Inulina; Cromatografia líquida; Tuberosa tropical;
Armazenamento / Inulin; Liquid chromatography;
Tropical tuber; Storage.

1. INTRODUÇÃO

O yacon, espécie da família Asteraceae (Compositae), foi originalmente classificado como do gênero *Polymnia* e denominado *Polymnia sonchifolia* Poep. Endl. (LINNAEUS, 1751; De CANDOLLE, 1836; BLAKE, 1917; WELLS, 1967). Recentemente, FERNANDEZ et al. (2000) realizaram estudos citológicos e morfológicos e sugeriram o nome científico de *Smallanthus sonchifolius*, pois acreditam que *Smallanthus macroscyphus* é possivelmente seu progenitor.

O yacon foi introduzido como cultivo comercial no Brasil em 1991, em Capão Bonito – São Paulo. Suas raízes subterrâneas são carnosas, doces e translúcidas, chegando até 20cm de comprimento, de cor externa marrom e interna creme (KAKIHARA et al., 1996).

A espécie é conhecida por diversos nomes populares, dependendo da região e do idioma dominante: “aricoma” e “aricuma”, termos Aymara, utilizados em certas áreas da Bolívia. No Equador é conhecido como “jicama” ou “jiquima”, no México como “xicama” ou “arboloco”. Nos Estados Unidos é conhecido como “yacon strawberry”, na Alemanha como “erdbirne” e na França “poire de terre”. Na Colômbia, como “yacon”, nome mais utilizado também no Peru, Argentina, países europeus, Japão, Nova Zelândia e Brasil (GRAU; REA, 1997).

Estudos realizados por NIETO (1991) mostraram que o potencial produtivo desta espécie pode atingir rendimentos de até 60t/ha, entretanto KAKIHARA et al. (1996) obtiveram rendimentos de 100t/ha de raízes tuberosas na região de Capão Bonito – SP superando o potencial produtivo já relatado.

A maturidade é alcançada entre 6 e 8 meses após o plantio, quando tem início a floração. Este estágio será, então, seguido por um período de incremento do conteúdo dos oligofrutanos nos rizóforos e raízes tuberosas, passando para uma fase de senescência da parte aérea e dormência das partes subterrâneas (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - USA, 1989).

A colheita é realizada ao redor de 10 e 12 meses após o plantio para fins comerciais, encontrando-se estas bem desenvolvidas. Ocorre senescência de toda a parte aérea da planta na estação de inverno, todos os anos.

A composição das raízes tuberosas de 10 linhagens de yacon foi estudada por NIETO (1991). Nestas análises, o autor encontrou valores médios, em massa 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 tuberosas da população introduzida no Brasil apresentam maiores quantidades de proteínas (4,34%) do que as apresentadas por NIETO (1991) e valores próximos de cinzas (3,5%), 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. Os autores determinaram

também 21 compostos nitrogenados (aminoácidos e amidas), além de uma fração de aproximadamente 50% de oligofrutanos hidrolisáveis.

O yacon armazena frutano (oligofrutanos) 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 à doçura. Segundo FIGUEIREDO – RIBEIRO 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 frutanos, carboidratos de reserva encontrados nos órgãos subterrâneos de yacon são do tipo inulina, com grau de polinização (GP) entre 3 e 10. Estes se diferenciam dos encontrados em espécies como *H. Tuberosus*, *Chichorium* 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.

De acordo com o NATIONAL RESEARCH COUNCIL - USA (1989), os tubérculos e raízes tuberosas de yacon apresentam até 60% de oligofrutanos na massa seca. BARTA (1996) analisou a produção de frutanos em órgãos subterrâneos de *Helianthus tuberosus*, *Chichorium inthybus*, *Dalia* sp. A produção observada foi de 4,5, 0,9 e 2,5t/ha de frutanos respectivamente. VILHENA (1997) obteve uma produtividade média de raízes de yacon em torno de 60t/ha e de frutanos totais 5,7t/ha. Sendo assim, se comparado o yacon com as plantas freqüentemente utilizadas no processo de extração desses compostos (*Helianthus tuberosus*, *Chichorium inthybus*, *Dalia* sp), tem a vantagem de fornecer maior rentabilidade, sendo de mais fácil manejo e processamento.

Os oligofrutanos 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 pelas bactérias anaeróbicas (bifidobactérias). Este processo é conhecido por fermentação e produz energia para a proliferação das bactérias, 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 baixos valores calóricos (1 a 3Kcal/g) atribuídos aos oligossacarídeos (INCOLL; BONNETT, 1996; NINESS, 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.

HIRAYAMA; HIDAKA (1993) também observaram o efeito que os frutanos exercem na queda dos níveis de colesterol, além de comprovar o efeito favorável na diminuição do teor de glicose no sangue.

Sendo assim, o yacon pode ser economicamente atrativo para o processo de extração de frutose, pois seus órgãos subterrâneos (raízes tuberosas e rizóforos) apresentam oligofrutanos prontamente hidrolisáveis a frutose (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - USA, 1989; VILHENA, 1997).

O objetivo do trabalho foi determinar o melhor estágio de desenvolvimento da planta visando à obtenção da maior quantidade e concentração de oligofrutanos, especialmente os de interesse na proliferação das bifidobactérias, assim como determinar o tempo de estocagem da raiz no campo, visando otimizar custos de estocagem em câmara fria para a comercialização.

2. METODOLOGIA

Foram feitas 240 mudas propagadas por meio de rizóforos (KAKIHARA, 1996), em sacos plásticos. Utilizou-se o substrato plantimax para preenchimento dos sacos e, após as mudas atingirem a altura de aproximadamente 20cm em telado sob irrigação, foram plantadas no dia 13 de setembro de 2001, na área experimental do CERAT/ UNESP/Botucatu, com espaçamento de 1 metro entre linhas e 0,60cm entre plantas (Figura 1).



FIGURA 1. Campo Experimental do CERAT/UNESP/Botucatu com 45 dias de plantio.

Desde o plantio foram realizados tratos culturais como capinas quinzenais entre plantas, aplicação de inseticidas e herbicidas e irrigação por gotejamento. Devido ao aparecimento de cochonilhas e ao aparecimento de pulgões aos 150 dias após o plantio, aplicaram-se inseticidas Decis 25 CE na dose de 4mL por litro de calda. Na entre linha, utilizou-se o herbicida Glifosato na concentração de 5mL por litro de calda, após 120 dias de instalação da cultura.

2.1 Avaliações

As avaliações foram conduzidas nos Laboratórios de Análises do Centro de Raízes e Amidos Tropicais CERAT/UNESP/Botucatu. A partir do 5º mês após o plantio e em intervalo de 15 dias iniciaram-se as avaliações das seguintes variáveis:

2.1.1. Altura da planta

A altura da planta foi medida desde o colo até o ápice caulinar, com o auxílio de uma trena. Foram feitas aleatoriamente 20 medidas de plantas dentro do campo experimental em cada avaliação. Os dados foram apresentados em centímetros.

2.1.2. Massa fresca das raízes tuberosas

Durante cada colheita as raízes tuberosas de cada planta foram retiradas e limpas no local através de uma pré-lavagem. Em seguida, foram encaminhadas para o laboratório do CERAT/UNESP/Botucatu, onde foi feita uma limpeza mais cuidadosa do material de campo e depois pesadas. Para o peso das raízes foram feitas quatro repetições, sendo que para cada repetição foi computada a massa fresca de uma planta. Os dados foram apresentados em gramas.

2.1.3. Matéria seca das raízes tuberosas

Para a determinação da matéria seca das raízes foram feitas quatro repetições para cada avaliação, sendo que cada repetição foi retirada de uma planta. Foi retirada uma amostra de 50 a 60g de raiz de cada planta que foi cortada em rodela, colocadas em placas de petri previamente pesadas e levadas à estufa a 105°C, por 48 horas. Posteriormente, estas placas foram retiradas das estufas, colocadas em dessecadores para esfriar. As mesmas foram pesadas, até peso constante, obtendo-se assim o peso da massa seca. Os dados foram apresentados em porcentagem.

2.1.4 Sólidos solúveis totais (SST) e Perfis de açúcares

As raízes foram trituradas e uma alíquota foi filtrada em gaze, sendo a leitura dos sólidos solúveis totais feita no filtrado, por refratometria, através de refratômetro tipo Abbé, conforme recomendação feita pela ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (1990). Os resultados foram expressos em °Brix.

Os perfis de açúcares foram realizados 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) e fase móvel água. A coluna utilizada foi a HPX 87P (fase estacionária de chumbo) e a pré-coluna 125-0119 ambas da marca BIORAD (BIORAD, sd; SCOTT, 1992), com temperatura da coluna a 85°C. O tempo de corrida foi de 30 minutos, com fluxo de 0,6mL por minuto. Os padrões utilizados para comparação foram de glicose, frutose e sacarose produzidas pela Synth. Devido à existência de três picos de oligofrutanos na cromatografia e não existir padrões de oligofrutanos para o yacon, a porcentagem de oligofrutanos foi calculada em função da porcentagem da área de oligofrutanos em relação à área total dos açúcares. Os padrões existentes no mercado de Dália e Chicória após co-injeção não confirmaram os mesmos picos, sendo assim considerados diferentes os oligofrutanos do yacon dos dois padrões existentes.

Os açúcares foram extraídos pelo método a quente. O método consiste em colocar na proporção 1:1 a quantidade de raiz e água a 95°C, ou seja, para cada 100g de raiz eram adicionadas 100mL de água e batidas no liquidificador durante aproximadamente dois minutos. Estas amostras foram peneiradas e colocadas em béquer de 250mL sobre uma tela de amianto e levadas ao fogo para inativar as enzimas que quebram a inulina. Depois de atingido 95°C, foram cronometrados dez minutos e retiradas do fogo. Na temperatura ambiente as amostras foram filtradas com o auxílio de uma bomba a vácuo e as resultantes foram armazenadas em duplicatas e congeladas para posterior caracterização dos açúcares em HPLC.

Após o término das coletas de todas as amostras, estas foram descongeladas e preparadas, de modo a retirar as impurezas para a injeção em coluna de HPLC. Este processo consiste em verificar o teor de sólidos solúveis em °Brix após o descongelamento de cada uma das amostras, que se encontravam na proporção 1:1 (água e extrato de yacon), para uma nova diluição com água destilada e deionizada para atingir 1°Brix, para que a diluição fique na mesma concentração que os padrões utilizados. 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, 0,22mm de poro, 13mm de diâmetro, hidrofílica marca MILLI PORE com auxílio de um roldar e seringa de 1 mL, para reter o material sólido e finalmente colocado em frasco do injetor automático (vial) para a leitura da porcentagem de frutanos.

2.2. Análises estatísticas

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado seguido do teste de Tukey a 5% para todas as análises. Para a análise de altura de planta foram feitas 20 repetições por dia de amostragem no estande e para as demais análises 4 repetições. (NOGUEIRA, 1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Altura da planta, massa fresca e matéria seca das raízes tuberosas

A altura da planta aumentou até a 35ª semana para, em seguida, ocorrer uma diminuição após a 42ª. Na 44ª semana, os dados de altura de planta não foram considerados devido a toda parte aérea ter entrado em senescência. A maior altura média das plantas ocorreu entre a 35ª e a 41ª semana, com valores numéricos variando de 123 a 132cm, sendo que não ocorreram diferenças significativas entre estas semanas (Tabela 1).

Os valores da massa fresca também aumentaram até a 35ª semana e, em seguida, ocorreram as diminuições dos valores a partir da 37ª semana, sendo que estatisticamente apenas a coleta inicial, 22ª semana, diferiu das coletas nas 29ª, 33ª e 35ª semanas que apresentaram valores superiores (Tabela 1).

TABELA 1. Altura média em centímetros, massa fresca em gramas e porcentagem de matéria seca de plantas de Yacon, durante as semanas que sucederam o plantio das mudas.

Idade das plantas (semanas)	Altura média das plantas (cm)	Massa fresca (gramas)	Porcentagem de matéria seca (gramas)
22	71 e	457 b	13,16 a
27	86 de	1705 ab	10,58 a
29	97 cd	2665 a	11,78 a
31	111 bc	1775 ab	12,10 a
33	111 bc	2710 a	11,35 a
35	132 a	2630 a	13,09 a
37	124 a	1710 ab	14,35 a
39	132 a	1640 ab	13,58 a
41	123 ab	1560 ab	11,10 a
43	110 bc	1632 ab	12,35 a
45	-----	1902 ab	13,16 a
		Dms = 19,12	Dms = 22,79*
		Cv% = 17,21	Cv% = 22,46*
			Dms = 7,49
			Cv% = 15,65

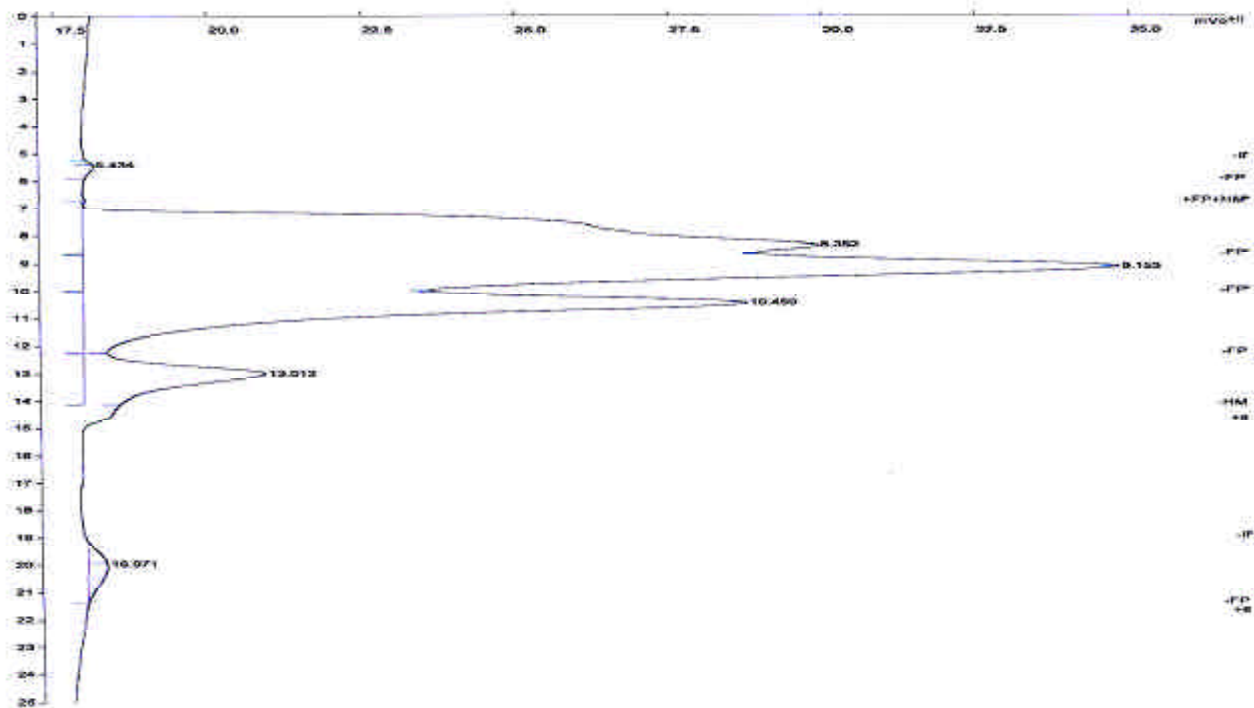
* Valores dos dados transformados em Raiz Quadrada

Numericamente na 29ª, 33ª e 35ª semanas ocorreram os maiores valores da massa fresca por planta, sendo estes valores respectivamente 2665, 2710, 2630 gramas/planta. A estimativa da produtividade na 29ª semana foi de 44,46t/ha, sendo que na 33ª e 35ª semana a estimativa foi de 45,17 e 43,83t/ha, respectivamente. Os resultados de produtividade encontrados foram numericamente inferiores aos realizados por NIETO (1991), mostrando que o potencial produtivo pode alcançar até 60t/ha, ou atingir até mesmo 100t/ha na região de Capão Bonito em estudo feito por KAKIHARA et al. (1996). O menor índice de produtividade do experimento pode ser explicado devido à incidência de nematóides da espécie *Meloidogyne*, encontrados no solo e raízes da planta, em uma quantidade acima do tolerável à planta. A análise nematológica foi realizada no Laboratório de Nematologia, no Departamento de Produção Vegetal, na Faculdade de Ciências Agrônomicas.

O peso fresco é o peso do material em equilíbrio do ambiente. Geralmente, o crescimento da matéria fresca é acompanhado por aumento do teor de água nos tecidos das plantas. Mas, em determinadas situações, nem sempre o aumento do peso fresco é acompanhado pelo aumento do peso seco. Na Tabela 1, notou-se uma variação muito pequena nos teores de matéria seca desde o início até o fim da produção sem que houvesse diferenças significativas.

3.2. Sólidos solúveis totais e perfis de açúcares

Os açúcares encontrados foram glicose, frutose e sacarose, além de oligofrutanos. Estes dados encontram apoio em ASAMI et al. (1989) que também encontraram somente estes açúcares, além dos oligofrutanos. Em todos os cromatogramas foram encontrados teores de sacarose superiores aos de glicose e frutose (Figura 2).



Padrões: tempo de retenção: 5,434 min → oligofrutano
8,352 min → oligifrutano
9,153 min → oligofrutano
10,459 min → padrão sacarose
13,013 min → padrão glicose
19,971 min → padrão frutose

FIGURA 2. Cromatograma de uma amostra de Yacon, discriminando os perfis de açúcares na coluna HPX 87P (fase estacionária de chumbo), pré-coluna 125-0119, temperatura da coluna a 85°C, com fluxo de 0,6mL por minuto, fase móvel água e tempo de corrida foi de 30 minutos.

A porcentagem da área de oligofrutanos na cromatografia em relação ao total da área de açúcares e também o teor de sólidos solúveis não diferiram significativamente durante o experimento (Tabela 2).

Entretanto, numericamente a porcentagem de oligofrutanos em relação à área total de açúcares tende a uma diminuição após a 39ª semana, sendo que nesta semana ocorreu o valor mais elevado de 77,89%. O mesmo também ocorreu com os valores de °Brix que, após 35ª semana, tenderam a uma diminuição (Tabela 4). A porcentagem de oligofrutanos em relação ao teor de açúcares foram semelhantes à relatada por NATIONAL RESEARCH COUNCIL - USA (1989) e numericamente superiores aos relatados por ASAMI et al. (1989) que encontraram a fração de aproximadamente 50% de oligofrutanos hidrolisáveis.

O teor de °Brix tem uma relação direta com os teores de açúcares, isto é, quanto maior o °Brix, maior o teor de açúcares. Entre a 31ª e a 35ª semana, obtiveram-se os maiores valores numéricos de °Brix, sendo esta época de colheita a mais indicada, visando à maior concentração de açúcares e oligofrutanos.

TABELA 2. Porcentagem de frutanos obtidos em HPLC e teor de sólidos solúveis do extrato de yacon, durante as semanas que sucederam o plantio.

Tempo (semanas)	Porcentagem de oligofrutanos em relação à área total de açúcares	°Brix
22	65,20 a	8,50 a
27	66,99 a	8,87 a
29	68,76 a	7,56 a
31	66,36 a	9,43 a
33	69,47 a	9,56 a
35	62,91 a	9,31 a
37	69,04 a	6,75 a
39	77,89 a	6,50 a
41	56,47 a	6,75 a
43	54,48 a	5,12 a
45	54,78 a	7,50 a
	Dms = 32,37	Dms = 7,23
	Cv% = 20,47	Cv% = 37,94

4. CONCLUSÕES

Os maiores valores numéricos em produtividade ocorreram entre a 29ª e a 35ª semanas após o plantio, coincidindo com os maiores valores de °Brix que ocorreram entre a 31ª e a 35ª semana. Portanto concluiu-se que a melhor época de colheita foi entre a 31ª e a 35ª semana, visando à obtenção da maior quantidade e concentração de oligofrutanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. Fluctuation of oligofructan contents in tuber of yacon (*Polymnia sonchifolia*) during growth and storage. **Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.**, v.62, p.621-7, 1991.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods as analysis of the association of official analytical chemists**. 15ed. Washington, 1990. 2v.
- BARTA, J. Inulin containing in food processing. **In: INTERNATIONAL FRUCTAN CONFERENCE 3**, 1996. Logan, 1996. p.31.
- BIORAD. **Manuais Técnicos para pré-coluna e coluna HPLC**. Califórnia, s.d.
- BLACKE, S. F. **Polymnia uvedalia and its varieties**. Rhodora, n.19, p.46-8, 1917.
- DE CANDOLE, A P. *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis*. **Treuntel et Wurz**, Paris, v.5, 1836.
- FERNANDEZ, A. M. F.; CARO, M. S.; CANELADAM, E. L.; GRAU, A. Estudio citológico del yacon (*Smallanthus sonchifolia*) y yacon del campo (*Smallanthus macrosciphus*). **Lilloa**, v.40, n.1, p.115-25, 2000.
- FIGUEIREDO - RIBEIRO, R.C.; DIETRICH, S.M.C.; CARVALHO, M.A.M.; VIEIRA, C.C.J.; ISEJIMA, E.M.; DIAS - TAGLIACCOZZO, 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.; 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.

- GRAU, A.; REA, J. Genetic Resources of yacon (*Smallanthus sonchifolia* Poepp. & Endl.). p.198-242. **In: HELLER, J.; HERMMAN, M.; ENGELS, J. Andean roots and tuber genetic resources**. IPGRI-Roma, 1997.
- GOTO, K.; FUKAI, K.; HIKIDA, J.; NANJO, J.; HARA, Y. Isolation and structural analysis of yacon oligosaccharides. **Biosci. Biotech. Biochem.**, n.59, p.2346-47, 1995.
- HIRAYAMA, M.; HIDAKA, H. Production and utilization of microbial fructans. **In: SUZUKI, M.; CHARTERTON, N.J. Science and Technology of fructans**. London: CRC, 1993. Cap. 9, p.273-302.
- 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**. Royal Botanic Gardens, Kew. v.2, p.401-413, 1993.
- LINNAEUS, C. **Species Plantarum. Impensis Laurentii Salvii**, Stockolmo. v.1, 1751.
- 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.
- 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. Lationoam. 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.
- NOGUEIRA, M.C.S. **Curso de estatística experimental aplicada à experimentação agrônômica**. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 1991. 168p.
- 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.
- SCOTT, F.W. HPLC determination of carbohydrates in foods. **In: NOLLET, L.M.L. Foods Analysis by HPLC**. New York: Marcel Dekker, 1992. p.259-74.
- 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. **(Tese de Mestrado, FCA)**, 1997. 63p.
- WELLS, J. R. A new species of *Polymnia* (Compositae): *Heliantheae* from Mexico. **Brittonia**, n.19, p.391-94, 1967.