

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE NUTRIÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO E SAÚDE

ADRIANA CÂNDIDA FAUSTINO NISHI

**EXTRATO AQUOSO DE YACON (*Smallanthus
sonchifolius*) DESIDRATADO POR ATOMIZAÇÃO**

Goiânia
2012

ADRIANA CÂNDIDA FAUSTINO NISHI

**EXTRATO AQUOSO DE YACON (*Smallanthus
sonchifolius*) DESIDRATADO POR ATOMIZAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde – Nível Mestrado, da Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Goiás para obtenção do Título de Mestre em Nutrição e Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri

Co-orientador: Prof. Dr. Edemilson Cardoso da Conceição

Linha de Pesquisa: Qualidade de Alimentos e Dietas.

Goiânia
2012

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
GPT/BC/UFG**

N724e Nishi, Adriana Cândida Faustino.
Extrato aquoso de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) desidratado por atomização [manuscrito] / Adriana Cândida Faustino Nishi. - 2012.
xv, 84 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri; Co-orientador: Prof. Dr. Edemilson Cardoso da Conceição.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Nutrição, 2012.

Inclui lista de figuras, abreviaturas, siglas e tabelas. Apêndices.

1. *Smallanthus sonchifolius*. 2. Frutooligossacarídeos. 3. Yacon. 4. Alimentos funcionais. I. Título.

CDU: 612.3

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO E SAÚDE

**BANCA EXAMINADORA DA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Aluna: Adriana Cândida Faustino Nishi

Membros:

1. Dra. Moemy Gomes de Moraes
2. Dra. Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira
3. Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri

Data: 16 /02 /2012

Dedico este trabalho à todos aqueles que acreditam que os alimentos
podem interferir no bem estar humano.



AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri e Prof. Dr. Edemilson C. Conceição, pela orientação, carinho, amizade e principalmente, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos membros da banca examinadora, Profas. Dras. Daniela e Caroline (qualificação), Profas. Dras. Tânia e Moemy, (Defesa), por suas correções e pela valiosa contribuição ao aperfeiçoamento deste trabalho.

À Faculdade de Farmácia/UFG por ter disponibilizado suas instalações para a realização deste trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Pesquisa de Produtos Naturais, Frederico, Renê, Cristiane, Leonardo, Thiago, Ezequiane, Henrique e Suzana.

Aos meus queridos amigos Welber Carneiro e Mirlene Faustino por suas orientações na elaboração de manuscritos durante o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos de Pós-Graduação.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

À Deus, por estar sempre presente, guiando meus passos e fazendo perdurar a serenidade.

RESUMO

Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma raiz tuberosa nativa da região dos Andes, considerada um alimento com propriedade funcional porque possui componentes bioativos que contribuem para o equilíbrio da microbiota intestinal. Para conseguir incorporar estes compostos na dieta da população, propôs-se a elaboração de extrato seco padronizado em frutooligossacarídeos (FOS) e compostos fenólicos (CF) pela técnica de *spray dryer*. Para obtenção dos extratos secos de yacon, as raízes foram caracterizadas, e posteriormente foi elaborado um extrato aquoso pela técnica de trituração e filtragem. Na sequência, foi realizado um estudo do processo de secagem buscando avaliar os efeitos da adição de diferentes adjuvantes (aerosil, maltodextrina e amido pré-gelatinizado) sobre os teores finais de frutooligossacarídeos (FOS) e compostos fenólicos (CF) no extrato seco. O estudo foi baseado em planejamentos fatoriais em dois níveis com três pontos centrais, utilizando-se como fatores, a concentração do adjuvante (20; 50 %p/p) e o fluxo de alimentação (2; 6 mL/min). A melhor combinação dos parâmetros de secagem foi determinada considerando os efeitos das variáveis independentes (concentração de adjuvante e fluxo de alimentação) sobre o teor de FOS e CF, nos extratos secos. Na caracterização da raiz verificou-se teores em base seca de umidade $9,29 \pm 0,085$; cinzas $3,33 \pm 0,07$; proteína $4,29 \pm 0,173$; lipídeos $0,80 \pm 0,0359$; carboidratos totais $81,49 \pm 4,18$; Frutose total $56,47 \pm 0,97$; açúcares redutores $24,05 \pm 0,13$; FOS $32,43 \pm 0,971$. O extrato aquoso *in natura* apresentou FOS de $33,47$ (%p/p) e CF de $0,44$ (%p/p) com uma atividade antioxidante melhor, comparada ao BHT (2,6-Di-terc-butyl-4-methylphenol). O extrato aquoso concentrado em evaporador rotativo apresentou densidade $1,04 \pm 0,002$; viscosidade $4,34 \pm 0,056$; sólidos totais $10,67 \pm 0,051$. No geral, os extratos secos obtidos com aerosil, maltodextrina, amido pré-gelatinizado, apresentaram conteúdos de FOS entre 27,20 a 32,4; 24,25 a 31,3; 23,54 a 35,64 (%p/p), respectivamente e CF e 0,267 a 0,320; 0,319 a 0,399; 0,407 a 0,425 (%p/p), respectivamente. Os resultados da análise estatística realizada para os três tipos de adjuvantes e os efeitos das variáveis

independentes sobre as variáveis respostas (FOS e CF) demonstrou que os extratos secos sofreram influências de diferentes maneiras. Aerosil: A análise de variância para o modelo linear mostrou que esse modelo não foi significativo, F igual a 2,44 na resposta teor de FOS. CF foi influenciado por X_2 , F de 29,10 e r^2 de 0,8534. Maltodextrina: O teor de FOS foi influenciado por X_1 , F de 13, e r^2 de 0,7222. CF foi influenciado por X_2 , F de 9,70 e r^2 0,6599. Amido pré-gelatinizado: O modelo linear não descreveu os dados experimentais para o teor de FOS. A superfície de resposta do teor de CF em função de X_1 e X_2 apresentou uma tendência ao aumento no teor de CF com a diminuição da concentração do adjuvante e o aumento do fluxo de alimentação. A umidade inferior a 5% em todos os extratos indicaram que a configuração das variáveis do equipamento foi ajustada corretamente. O rendimento foi afetado por limitações da técnica à extratos ricos em açúcares de baixo peso molecular, variação entre 10 a 55%, cujos menores resultados foram encontrados para os extratos secos com amido. As imagens da microestrutura dos extratos secos com aerosil resultaram em partículas esféricas com diâmetro entre 0,5 e 1,0 μ m, mantendo o aspecto de pó fino e solto. Os extratos secos com maltodextrina e amido pré-gelatinizado apresentaram tendência à aglomeração.

Palavras chave: *Smallanthus sonchifolius*; frutooligossacarídeos, Yacon, Alimentos funcionais, *spray dryer*.

ABSTRACT

Aqueous extract of spray-dried Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)

Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) is a tuberous root native to the Andean region, considered a functional food due to the presence of bioactive components that contribute to the balance of the intestinal microbiota. To incorporate these compounds into the diet of the population, the development of dry extract standardized as fructooligosaccharides (FOS) and phenolic compounds (CF) was proposed, using the spray drying technique. To obtain yacon dry extracts, roots were characterized, and subsequently, an aqueous extract was prepared through the grinding and filtering technique. Then, a study on the drying process was conducted in order to assess the effects of the addition of different adjuvants (aerosil, maltodextrin and pregelatinized starch) on the final concentration of fructooligosaccharides (FOS) and phenolic compounds (PC) in the dry matter. The study was based on two-level factorial design with three focal points, using adjuvant concentration (20, 50% w / w) and feeding flow rate (2, 6 mL / min) as factors. The best combination of the drying parameters was determined by considering the effects of independent variables (adjuvant concentration and feeding flow rate) on the FOS and PC contents in the dry extracts. In the root characterization, the following contents on a dry basis were found: moisture 9.29 ± 0.085 ; ash 3.33 ± 0.07 , protein 4.29 ± 0.173 , lipids 0.80 ± 0.0359 , total carbohydrates 81.49 ± 4.18 , total fructose 56.47 ± 0.97 , reducing sugars 24.05 ± 0.13 and FOS 32.43 ± 0.971 . The fresh aqueous extract showed FOS 33.47 (% w / w) and PC 0.44 (% w / w) with better antioxidant activity compared to BHT (2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol). The aqueous extract concentrated in a rotary evaporator showed density 1.04 ± 0.002 , viscosity 4.34 ± 0.056 , and total solids 10.67 ± 0.051 . In general, the dried extracts obtained with aerosil, maltodextrin and pregelatinized starch showed FOS contents from 27.20 to 32.4, 24.25 to 31.3 and 23.54 to 35.64 (% w / w), respectively, and PC from 0.267 to 0.320, 0.319 to 0.399 and 0.407 to 0.425

(% w / w), respectively. The statistical analysis for the three types of adjuvants and the effects of independent variables on the response variables (FOS and PC) showed that the dried extracts were influenced in different ways. Aerosil: Analysis of variance for the linear model showed that this model was not significant, F equal to 2.44 in the response FOS content. PC was influenced by X_2 , F 29.10 and r^2 0.8534. Maltodextrin: The FOS content was influenced by X_1 , F 13, and r^2 0.7222. PC was influenced by X_2 , F 9.70 and r^2 0.6599. Pregelatinized starch: The linear model did not describe the experimental data for the FOS content. The surface response of the PC content in function of X_1 and X_2 showed a trend to increase the PC content by reducing the adjuvant concentration and increasing the feeding flow rate. Moisture content of less than 5% in all the extracts indicates that the configuration of the equipment variables was correctly set. The yield was affected by constraints of the technique to extracts rich in sugars and with low molecular weight, ranging from 10 to 55%, which lowest results were found for extracts dried with starch. The images of the microstructure of extracts dried with aerosil resulted in spherical particles with diameter between 0.5 and 1.0 μm , while maintaining the appearance of fine and loose powder. Extracts dried with maltodextrin and pregelatinized starch tended to form clusters.

Keywords: *Smallanthus sonchifolius*, fructooligosaccharides, Yacon, functional food, spray dryer.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

	Página
Figura 1. Raízes tuberosas de yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	11
Figura 2. Estrutura química dos frutooligossacarídeos da série da inulina	15
Figura 3. Esquema geral de obtenção do extrato seco de yacon	29
Figura 4. Esquema de obtenção do extrato seco	29
Figura 5. Padrão de frutose pelo método antrona modificada para cetoses	31
Tabela 1. Fatores codificados e seus níveis no planejamento fatorial 2^2	36
Tabela 2. Planejamento fatorial 2^2 com três pontos centrais para estudar o efeito da concentração e do fluxo de alimentação sobre o teor de compostos fenólicos e frutooligossacarídeos na secagem do extrato aquoso de yacon em <i>spray dryer</i> para três tipos de adjuvantes.	36

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS E TABELAS	11
CAPÍTULO 1	13
1. REVISÃO DE LITERATURA	13
1.1 MATÉRIA-PRIMA.....	13
1.1.1 Composição química do yacon.....	14
1.1.2 Frutanos	16
1.1.3 Quantificação de carboidratos presentes no yacon.....	18
1.1.4 Síntese da inulina.....	19
1.1.5 Frutanos com propriedade funcional	20
1.1.6 Aspectos tecnológicos	21
1.1.7 Secagem por atomização (spray drying)	22
1.2 OBJETIVOS	26
1.2.1 Objetivo Geral	26
1.2.2 Objetivos Específicos.....	26
1.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
1.3.1 Obtenção da matéria-prima	27
1.3.2 Composição química da raiz de yacon.....	27
1.3.3 Obtenção do extrato aquoso.....	28
1.3.4 Determinação do pH no extrato bruto.....	30
1.3.5 Sólidos totais.....	30
1.3.6 Análise de frutanos	30
1.3.7 Quantificação de compostos fenólicos totais.....	33
1.3.8 Determinação da atividade antioxidante do extrato aquoso.....	33
1.3.9 Ensaio preliminar	34
1.3.10 Obtenção e caracterização do extrato seco de yacon.....	34
1.3.11 Delineamento Experimental.....	35
1.3.12 Análise estatística	37
1.3.13 Análise de microestrutura dos extratos secos de yacon	37
1.4 REFERÊNCIAS.....	38
CAPÍTULO 2	45
Extrato seco de yacon padronizado em polifenóis e frutooligossacarídeos	45
ANEXOS	74
Anexo 1 – Normas de publicação do periódico Química Nova.....	74
Anexo 2 – Depósito de pedido de patente ou de certificado de adição ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial	74

CAPÍTULO 1

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 MATÉRIA-PRIMA

Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) (Figura 1) é uma raiz tuberosa nativa da região dos Andes, onde encontram os países Peru, Colômbia, Equador, Bolívia e noroeste da Argentina (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989). Pertence à família Asteraceae, como a chicória (*Cichorium intybus*), a alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus*) e a dália (*Dahlia sp.*) (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2003). Sua aparência é a de um tubérculo, no entanto, tem polpa translúcida com textura crocante, ligeiramente adocicada, pouco ácida e não tóxica. Estas características fazem esta raiz assemelhar-se a frutas como maçã ou pêra (SEMINARIO; VALDERRAMA), podendo ser consumida na forma *in natura* adicionada a saladas.



Figura 1. Raízes tuberosas de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)

É uma espécie vegetal que se adapta a diferentes tipos de clima, altitude e solo, pois sua resistência à seca e ao frio está relacionada ao elevado teor de carboidratos de reserva presente nas raízes (VILHENA; CÂMARA; KAKIHARA, 2000). Devido a esta característica, e principalmente ao elevado teor de carboidrato, é cultivada em países como China, Coréia, Estados Unidos, Itália, Japão, Nova Zelândia, República Tcheca, Rússia e Taiwan (MANRIQUE; PÁRRAGA; HERMANN, 2003).

No Brasil, o plantio começou em 1989 por imigrantes japoneses. Nesta época, eram os principais conhecedores do seu potencial nutritivo e terapêutico (SANTANA; CARDOSO, 2008). Entretanto, somente em 1994 iniciaram-se os cultivos comerciais, com rendimento médio de 80t/ha para raízes e 1t/ha de folhas. Esta produtividade, mostrou ser maior que a da raiz de chicória (*Chicorium intybus*) que tem rendimento correspondente a 40t/ha (VILHENA; CÂMARA; KAKIHARA, 2000). Além do consumo das raízes, extratos de folha de yacon, cujos componentes identificados, ácidos cafeico e clorogênico, administrados em ratos foram eficazes na redução dos níveis de glicose. Os resultados, segundo os autores, suportaram a noção de que os compostos fenólicos encontrados têm princípios hipoglicêmicos (GENTA, et al., 2010).

1.1.1 Composição química do yacon

A raiz de yacon não apresenta quantidades elevadas de proteínas e lipídios (SEMINARIO e VALDERRAMA, 2003). Todavia, o teor de água representa 83% a 90% do peso fresco, e em decorrência disso, tem baixo valor calórico. Os carboidratos, 91,37%, da matéria seca, são armazenados principalmente, como frutooligossacarídeos (FOS) (LACHMAN et al., 2004; SILVA, 2004). Contudo, a quantidade de FOS na raiz *in natura*, relaciona-se inversamente ao tempo de armazenamento, Graefe et al. (2004) analisaram o comportamento e o teor dos açúcares nesta raiz e verificaram que o tempo de armazenamento exerceu um efeito negativo em relação ao conteúdo dos FOS, constatando sua redução e o aumento no conteúdo dos monossacarídeos frutose e glicose ($p < 0,05$) após 12 dias de armazenamento em temperatura ambiente. Segundo estes estudiosos, este resultado é reflexo da atuação de enzimas do tipo hidrolase que promovem a despolimerização da cadeia do frutano, obtendo-se uma raiz mais adocicada.

Este comportamento foi comprovado em outro estudo com maior tempo de armazenamento, 140 dias, a 10°C e umidade relativa de 75%. Neste, o teor de frutanos diminuiu 48,7% (LACHMAN et al., 2004). O

genotipo e as condições de armazenamento interferem no conteúdo de FOS do yacon (GRAEFE et al., 2004; HERMANN; FREIRE; PAZOS, 1998). As raízes para consumo *in natura* requer em sabor adocicado para atender ao paladar, entretanto para o aproveitamento industrial é necessário aplicar mecanismos que diminuem a taxa de despolimerização.

O ciclo de desenvolvimento da planta é um fator que também influencia no teor de frutanos na raiz. Ocorre uma diminuição logo após o plantio e aumenta gradativamente, chegando ao oitavo mês com um teor de frutose total em concentração mais elevada, 91,84mg/g da matéria seca (VILHENA et al., 2003). Esta variação determina a melhor época de colheita nas regiões tropicais quando há interesse no maior teor de frutanos em relação à proporção de mono e dissacarídeos (ITAYA et al., 2002).

A alegação de propriedade funcional atribuída à raiz yacon tem sido associada ao seu elevado teor de FOS (3 a 19% base úmida). Entretanto, foram constatados a presença de compostos fenólicos como ácido clorogênico ($48,5 \pm 12,9 \mu\text{g/g}$), triptofano ($14,6 \pm 7,1 \mu\text{g/g}$) (YAN et al., 1999) e derivados de ácido cafeico em raízes *in natura*, os quais apresentaram atividade antioxidante *in vitro* (TAKENAKA et al., 2003). Como antioxidantes naturais de plantas, os compostos fenólicos podem proteger células contra danos ocasionados por radicais de oxigênio (YAN et al., 1999)

Os compostos fenólicos representam um grupo de metabólitos provenientes do metabolismo secundário das plantas, essenciais para o seu crescimento e reprodução, e se formam em condições de estresse como, infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (SHAHIDI, NACZK, 1995). São definidos como estruturas químicas que apresentam hidroxilas e anéis aromáticos, nas formas simples ou de polímeros, englobando desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização. Além disso, possuem estrutura química variável, apresentando-se como multifuncionais (ANGELO, JORGE, 2007). Estão presentes nos vegetais na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídeos) e proteínas (BRAVO, 1998). Nos alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (NACZK, SHAHIDI, 2004).

1.1.2 Frutanos

Os frutanos são constituídos de séries homólogas de oligo e polissacarídeos não redutores, nas quais cada membro da série contém um resíduo de frutose a mais que o membro da série anterior (EDELMAN; JEFFORD, 1968). Conforme Prosky e Hoebregs (1999), os frutanos da série da inulina são formados por um conjunto de moléculas de frutose que estão unidas entre si por ligações $\beta(2\rightarrow1)$ mais uma molécula de glicose na extremidade da cadeia unida por ligação $\alpha(1\rightarrow2)$. Quimicamente, é composta por unidades de β -D-frutofuranosil unidas por ligações glicosídicas $\beta(2\rightarrow1)$ que resultam em estruturas denominadas de 1-cestose (GF_2), nistose (GF_3) e 1-frutofuranosil nistose (GF_4) (Figura 2). O tamanho do polímero é definido pelo número de moléculas de frutose na cadeia, sendo este chamado de grau de polimerização (DP). A estrutura da inulina é composta por DP que varia entre 2 e 60 unidades de frutose.

É um carboidrato amplamente encontrado em milhares de espécies de plantas, algumas consumidas com frequência como cebola, alho, aspargo. Contudo, as principais fontes comerciais são a raiz de chicória (*Chicorium intybus*) com 15 a 20%, alcachofra de Jerusalém (*Helianthus tuberosus L.*) com 16 a 20% (base úmida) (ROBERFROID, 2005; VAN LOO et al., 1995).

Os frutanos presentes no yacon são do tipo inulina de baixo grau de polimerização, Itaya et al. (2002), preconiza que os principais oligômeros presentes no yacon possuem baixo DP, valores entre GF_2 a GF_{16} . Van Loo, et al. (1995), classifica os oligômeros constituídos por DP inferior 10 unidades de frutose como oligofrutose ou frutooligossacarídeos (FOS). Dessa maneira, é possível classificar os frutanos no yacon como frutooligossacarídeos.

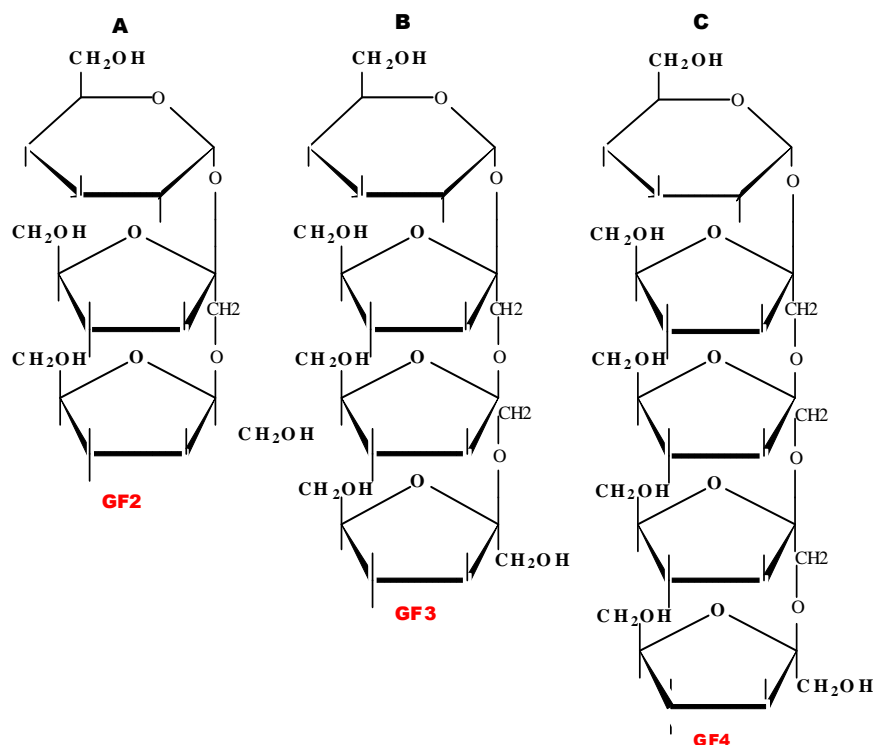


Figura 2. Estrutura química dos frutanos da série da inulina: (A) 1-cestose (GF₂), (B) nistose (GF₃) e (C) frutofuranosil nistose (GF₄).

Os FOS têm despertado interesse à indústria alimentícia no que se refere ao uso na elaboração de alimentos com propriedades funcionais. Em função de sua configuração química, resiste à hidrólise ácida e enzimática no aparelho digestivo, chegando ao cólon ainda intacto, revelando-se com um papel funcional semelhante ao das fibras solúveis (PEDRESCHI et al., 2003; Roberfroid, 2005). No cólon, acontece a fermentação por microrganismos residentes, estimulando o aumento da concentração de microrganismos probióticos como *Acidophilus* e *Bifidus* (GIBSON, BEATTY; WANG; CUMMINGS, 1995; KLEESSEN, 2001; LOBO et al., 2007; TOMOMATSU, 1994).

Devido a estas propriedades, apresentam diversas atuações positivas relacionadas ao bem estar humano com possibilidade de redução do risco de algumas enfermidades. Neste sentido, estudo demonstrou que a administração de xarope de yacon, na dose de 0,14g FOS/kg corpóreo ao dia, à mulheres constipadas durante 120 dias melhorou significativamente a frequência de defecação (GENTA et al., 2009). Em pesquisa com grupo controle foi verificado efeito estimulante da absorção do cálcio em ratos e o

balanço entre Ca e Mg (LOBO, et al., 2007); em estudo placebo controle, redução do tempo do trânsito intestinal de 59,7h para 38,4h ($p < 0,001$), prevenindo as constipações (GEYER, 2008). Em uma revisão, Pool-Zobel (2005) encontrou evidências, em estudos experimentais, que os frutanos tem propriedade anticarcinogênica.

Outro importante fator nutricional é a fermentação dos FOS por microrganismos presentes no cólon que resulta na formação de ácidos graxos de cadeia curta, essencialmente butirato, acetato e propionato. O butirato parece ser essencial para a manutenção saudável da mucosa colônica. Enquanto o propionato está relacionado com efeitos benéficos sobre o metabolismo de carboidratos e lipídios (NYMAN, 2002). Outros ácidos orgânicos como lactato, acompanhado pela redução do pH local, favorece a solubilidade e a difusão do cálcio através da mucosa. Além disso, os FOS favorecem ao crescimento de microrganismos benéficos da microbiota intestinal (PEDRESCHI et al., 2003), portanto pode ser classificados como prebióticos (GENTA et al., 2009).

1.1.3 Quantificação de carboidratos presentes no yacon

Diversas metodologias têm sido aplicadas na quantificação de inulina e frutooligossacarídeos, dentre eles tem os enzimáticos, por cromatografia de troca iônica, por cromatografia líquida de alta eficiência, por diferença entre carboidrato total e açúcar redutor (LINGYUN, 2007), diferença entre frutose total e açúcar redutor (VILHENA et al., 2003).

Os resultados para o teor de FOS total no yacon existentes na literatura são escassos em relação à uniformidade nos resultados. No trabalho de Moscatto et al. (2004), a farinha de yacon apresentou composição média: 3,92% de 1-cestose (GF_2), 2,66% de nistose (GF_3) e 1,99% de 1,1,1-cestopentose (GF_4), totalizando menos que 10% de FOS. Enquanto Fukai et al. (1993), encontraram em suas análises uma concentração de 11% de GF_2 , 8% de GF_3 e 4% de GF_4 , totalizando 24% de FOS. Nestes trabalhos, a determinação ocorreu por cromatografia líquida de

alta eficiência, sendo que os padrões de frutanos ficaram limitados ao grau de polimerização estudado.

Outro método alternativo para quantificar frutanos foi utilizado por Lingyun et al, (2007), quantificaram os carboidratos totais e subtraiu dos açúcares redutores. Com isto os autores tiveram valores estimados dos teores de frutanos na amostra em estudo. Pesquisando sobre a diversidade do yacon, Hermann; Freire e Pazos, (1998) demonstraram que existe uma alta correlação positiva entre o °Brix e o conteúdo de frutanos ($r = 0,84$), sugerindo que a medida do teor de sólidos solúveis permite, de forma rápida, obter informações sobre o conteúdo de frutanos presente na raiz.

1.1.4 Síntese da inulina

Em plantas, o frutano é sintetizado a partir da sacarose pela ação de duas ou mais diferentes enzimas frutossiltransferases, a sacarose:sacarose 1-frutossiltransferase (1-SST) e a frutano: frutano 1-frutossiltransferase (1-FFT) (ITAYA, et al., 2002).

A sacarose: sacarose 1-frutossiltransferase (1-SST) catalisa irreversivelmente a formação da 1-kestose (GF_2) a partir de duas moléculas de sacarose, o frutooligossacarídeo mais simples que existe, liberando uma molécula de glicose que, após fosforilação, é novamente utilizada na síntese de sacarose. A outra enzima frutossiltransferase envolvida é a frutano: frutano 1-frutossiltransferase (1-FFT) é responsável pelo alongamento da cadeia, catalisando a transferência reversível de unidades terminais de frutose de uma molécula doadora para uma receptora e promovendo a polimerização da cadeia. Como a reação é reversível, esta enzima também atua na redistribuição das unidades de frutose, podendo promover também a diminuição do comprimento das cadeias (SEMINARIO; VALDERRAMA, 2003; VIJN; SMEEKENS, 1999).

1.1.5 Frutanos com propriedade funcional

Os alimentos funcionais surgem na expectativa de complementar uma dieta saudável. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária, por meio da resolução nº 18, de 30 de abril de 1999, define que a propriedade funcional é aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico, que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, no desenvolvimento, na manutenção e em outras funções normais do organismo humano. Além disso, deve ser seguro para consumo sem supervisão médica. Como exemplo, os FOS, presentes no yacon, que podem ser considerados prebióticos e como ingrediente alimentar não digerível no intestino delgado. Devido a esta característica, chega ao intestino grosso, afetando seletivamente o crescimento e/ou atividade de uma ou um número limitado de bactérias desejáveis da microbiota intestinal. Para o ingrediente ser considerado como tal, uma de suas características é a de não ser hidrolisado e nem absorvido na parte superior do trato gastrointestinal (GIBSON; ROBERFROID, 1994).

Pedreschi et al. (2003), evidenciaram que os FOS proveniente do yacon podem ser considerados como fonte de prebiótico para a indústria e suplementos alimentares. Pois sua fermentação por microorganismos probióticos *Bifidobacterium* e *Lactobacillus* em ensaios *in vitro*, que simulam o ambiente intestinal, constataram que estas cepas consumiram o ingrediente como fonte de carbono. Estes resultados demonstram que uma relativa mudança no hábito alimentar pode alterar a composição dos microrganismos presentes no intestino. Assim sendo, ao ingerir oligofrutose e inulina, pode-se aumentar significativamente o número de bifidobactéria e diminuir a quantidade bactérias patogênicas (GIBSON; BEATTY; WANG; CUMMINGS, 1995).

Os efeitos toxicológicos foram avaliados, Genta et al. (2005) reportaram o primeiro estudo sobre a toxicidade do yacon. Em seus experimentos, ratos foram alimentados com dieta a base de yacon em pó por duas vezes ao dia (340 e 6800 mg FOS/peso corpóreo/dia) durante 4 meses. Os resultados não evidenciaram em reações adversas, toxicidade ou distúrbios nutricionais. Além disso, resultou em uma redução significativa dos níveis séricos de triglicerídeos. Outro estudo usando yacon seco em

combinação com silimarina (2,4 g + 0,8 g/dia respectivamente), efeitos adversos não foram encontrados em seres humanos com síndrome metabólica (VALENTOVÁ et al., 2008).

A partir de constatações das propriedades funcionais dos FOS, produtos alimentícios, que contém a partir de 3% de FOS em produtos sólidos e 1,5% em produtos líquidos, podem ser registrados na categoria dos alimentos com alegações de propriedade funcional e ou de saúde (BRASIL, 1999). A frase descrita no rótulo deverá ser conforme lista de alegações aprovadas. - “Os frutooligossacarídeos – FOS contribuem para o equilíbrio da flora intestinal. Seu consumo deve estar associado a uma alimentação equilibrada e hábitos de vida saudáveis” (BRASIL, 2008).

1.1.6 Aspectos tecnológicos

O grau de polimerização dos frutanos define sua aplicabilidade. Os frutanos de grau de polimerização entre 3 e 6 tem sabor adocicado, podendo constituir-se de adoçantes naturais de baixa caloria (VIJN; SMEEKENS, 1999). Esta característica permite o uso como ingrediente alimentar, que além de substituir outros adoçantes em formulações diversas pode fornecer ao produto características de alimento com propriedade funcional. Os frutanos de alto grau de polimerização, como a inulina, formam emulsões que apresentam textura semelhante à gordura enquanto que o sabor não é alterado. Estes ingredientes, inseridos em formulações alimentícias, podem elevar o teor de fibras dietéticas sem ocasionar rejeição. Tais adições, geralmente se encontram na faixa de 3 a 6g por porção, e em casos extremos, até 10g por porção (COUSSEMENT, 1999).

As raízes de yacon são apropriadas tanto para o consumo *in natura* quanto para a indústria alimentícia na forma de sucos, geléias, licor, vinagre, fermentados e destilados, produtos de panificação (MALDONADO; SINGH, 2008; MOSCATTO; PRUDÊNCIO-FERREIRA; HAULY, 2004).

1.1.7 Secagem por atomização (*spray drying*)

O processo de secagem por *spray dryer* tem sido utilizado em diversos segmentos industriais, incluindo o alimentício e o farmacêutico (CANO-CHAUCA et al., 2004; TONELI et al., 2010; COUTO et al., 2011; OLIVEIRA, PETROVICK, 2010). A técnica visa eliminar a umidade contida em uma solução, dispersão ou emulsão, transformando líquido ou pasta, de maneira contínua, em produtos secos (FELLOWS, 2006). O material a ser seco é disperso dentro da câmara de secagem pelo sistema de atomização, termo que se refere à divisão do líquido em milhões de partículas individuais formando uma nuvem ou *spray*, contatando com ar aquecido ocorre a evaporação do líquido. Dessa maneira, a secagem de 1m³ de líquido origina aproximadamente 2x10¹² partículas uniformes de diâmetro 100 µm, o que equivale a uma área superficial de 60.000 m² (MASTERS, 1979).

Devido ao pequeno tamanho das gotículas, uma área de superfície muito grande é formada para a evaporação da umidade. Encurtando a distância que a umidade tem de migrar para a superfície de secagem. Assim, o tempo para transformar as gotas líquidas em partículas sólidas é muito pequeno, compreendido na faixa entre 1 a 20 segundos (BRENNAN, 2006). O rápido contato entre o material e o ar quente para a evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas. Desta maneira, esta técnica é indicada para a secagem de produtos sensíveis ao calor sem afetar demasiadamente sua qualidade (RÉ, 1998).

Diversos fatores podem influenciar as propriedades dos produtos secos por *spray dryer*. Tonon, Brabet e Hubinger (2008), relacionam os principais: Propriedades do líquido atomizado (concentração, temperatura, vazão mássica, propriedades físicas e químicas); Atomizador (tipo e mecanismo de funcionamento); Ar de secagem (temperatura de entrada e de saída, pressão). Além disso, para a secagem de extratos derivados de plantas, a seleção e o uso adequado de adjuvantes é de fundamental importância, visto que determina a estabilidade e a qualidade dos mesmos (OLIVEIRA, PETROVICK, 2010).

Embora, o aumento da temperatura do ar de secagem implica em maior perda de água do material que está sendo seco (KHA et al., 2010), um fluxo de alimentação excessivo conduz à diminuição da temperatura de saída e ao acúmulo do material sobre a parede da câmara. Sendo assim, o ajuste do fluxo de alimentação e da temperatura do ar de secagem tem a finalidade de permitir a evaporação do líquido presente nas gotículas antes que estas entrem em contato com a parede da câmara de secagem (MASTERS, 1979). Segundo o autor, este ajuste pode ser realizado por meio de uma avaliação visual, isto é, após selecionar a temperatura do ar de secagem inspecionar a parede da câmara de secagem para verificar a presença de partículas aderidas. Se a temperatura do ar de entrada permanecer constante, uma diminuição na taxa de alimentação do líquido acarretará em aumento na temperatura do material de saída.

As condições de funcionamento do equipamento interferem no processo de secagem. A composição final do produto resultado de um conjunto de fatores relacionados ao sistema, os quais se estiverem ajustados de acordo com a característica do líquido, pode contribuir para o rendimento e as propriedades do produto obtido. Dessa maneira, esta tecnologia tem sido aplicada com sucesso a diferentes alimentos tais como sucos (QUEK; CHOK; SWEDLUND, 2007; OLIVEIRA et al., 2007), mucilagens (LEÓN-MARTÍNEZ; MÉNDEZ-LAGUNAS; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, 2010). No entanto, produtos ricos em açúcares para serem secos por *spray dryer* devem ser adicionados de um agente auxiliador de secagem (CHEGINI; GHOBADIAN, 2007).

1.1.7.1 Secagem de produtos ricos em açúcar em *spray dryer*

Materiais que possuem açúcares de baixo peso molecular em sua composição, apresentam dificuldades técnicas que limita a aplicação de secagem por *spray dryer*. Estando as dificuldades técnicas associadas com as características de pegajosidade apresentadas pela mistura de açúcares, frutose, glicose, sacarose, que tem baixa massa molecular. De acordo com os autores, a rápida remoção de umidade que ocorre durante a atomização

resulta em um produto completamente amorfo, ou ainda em um produto com algumas regiões microcristalinas dispersas na massa amorfa (ADHIKARI et al., 2003).

O uso de adjuvantes de secagem influencia de maneira decisiva na qualidade e no rendimento do produto no processo de secagem, além de contribuir positivamente na redução dos efeitos de pegajosidade em extratos ricos em açúcares de baixo peso molecular (GEORGETTI et al., 2008). Dessa forma, o adjuvante aprisiona a substância alvo dentro de uma matriz de material de proteção (adjuvante), que deve ser essencialmente inerte ao material a ser encapsulado. Para isto acontecer, o adjuvante de secagem é homogeneizado junto ao extrato para haver incorporação, em seguida a mistura é encaminhada ao *spray dryer* e atomizada (NAYAK, RASTOGI, 2010).

Carboidratos como amidos modificados, maltodextrinas são considerados bons agentes de encapsulamento porque apresentam baixa viscosidade e alto teor de sólidos. Nayak e Rastogi, (2010) estudaram a capacidade de encapsulamento de diferentes adjuvantes de secagem em extrato rico em antocianina. Por meio de análises de microestrutura, verificou que a maltodextrina foi efetiva na formação de microcápsulas.

Na secagem de extrato de inulina, NOGUEIRA (2001) verificou uma forte influência das temperaturas de entrada e de saída do ar de secagem e da adição de agente secagem sobre a microestrutura de inulina em pó. Os produtos secos à 130°C apresentaram microestrutura com tendência à formação de esferas de diferentes tamanhos, mas com muitas rugas em toda extensão da superfície. O aumento da temperatura para 200°C, com uma temperatura de saída de 119°C, foram observados as mesmas estruturas esféricas, porém, com superfície externa mais homogênea, apresentando apenas uma leve rugosidade.

As condições de secagem devem respeitar as propriedades intrínsecas de cada material. Sendo assim, a obtenção de extratos secos com boas características leva em conta o estudo dos parâmetros de secagem como temperaturas de entrada, velocidade de fluxo de

alimentação, concentração e tipo de adjuvante tecnológico, assim como os teores de sólidos do extrato a ser atomizados são fatores indispensáveis para obtenção de extratos secos com melhores características físico-químicas e aumento do rendimento da operação (GHARSALLAOUI et al., 2007).

Tendo em vista a importância do yacon por seus componentes benéficos à saúde, o presente estudo teve o objetivo de analisar, em escala de laboratório, a influência do processo de secagem por atomização sobre os teores de frutooligossacarídeos e compostos fenólicos do extrato aquoso de yacon, oferecendo uma alternativa de consumo ao yacon *in natura*, que tem uma vida útil limitada e sofre considerável perda de FOS durante seu armazenamento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Produzir extrato seco a partir do extrato aquoso de yacon pela secagem em *spray dryer* padronizado em FOS e compostos fenólicos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar física e quimicamente a raiz de yacon
- Obter e caracterizar o extrato aquoso quanto ao teor de FOS, compostos fenólicos, capacidade antioxidante.
- Obter e caracterizar o extrato aquoso concentrado quanto à viscosidade, densidade, sólidos totais;
- Obter e caracterizar os extratos secos quanto ao teor de FOS, compostos fenólicos, umidade e rendimento real;
- Avaliar o efeito da adição de diferentes adjuvantes (aerosil; maltodextrina; amido pré-gelatinizado), de suas concentrações (20; 50 %p/p) e do fluxo de alimentação do sistema (2; 6 mL/min) sobre o teor de FOS e CF.
- Avaliar os parâmetros tecnológicos de processamento durante as etapas de atomização e a influência no teor de FOS e compostos fenólicos nos extratos secos obtidos;
- Avaliar a microestrutura da partícula em microscópio eletrônico de varredura (MEV);

1.3 MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente efetuou-se a caracterização da matéria-prima por meio de determinação da composição química centesimal, em seguida elaborou-se o extrato aquoso bruto e concentrado e na sequência, a sua desidratação em *spray dryer* acompanhado de estudo de alguns parâmetros de secagem. O produto obtido foi submetido a análise de compostos fenólicos, frutanos totais, umidade e atividade de água.

1.3.1 Obtenção da matéria-prima

As raízes de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) utilizadas na pesquisa foram cultivadas no Estado de São Paulo, Brasil, e adquiridas na Central de Abastecimento de Goiânia (CEASA) – Goiás, em 25 de janeiro de 2011. No Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos/UFG, uma amostra representativa desta matéria-prima vegetal foi dessecada em estufa à 60°C, triturada em moinho de facas e acondicionada em dessecador à temperatura ambiente para posterior caracterização. As raízes remanescentes foram utilizadas na elaboração do extrato aquoso e estudo de secagem por *spray drying*/atomização.

1.3.2 Composição química da raiz de yacon

A composição química da raiz de yacon foi determinada em triplicata, por meio de análises de umidade em estufa a 60°C/24h até obtenção de peso constante. A Determinação do nitrogênio total seguiu o método de micro-kjeldahl e conversão em proteína bruta utilizando o fator de conversão 6,25 (AOAC, 2000); lipídios totais, extraídos pelo método de Bligh e Dyer (1959) e sua determinação por gravimetria, estufa a 105°C/1h; cinzas (resíduo mineral fixo), por incineração em mufla a 550°C (AOAC, 2000). A determinação dos carboidratos totais seguiu o método fenol sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). O teor de frutooligossacarídeos foi estimado pela diferença entre o teor de frutose total (JERMIN, 1956) e o conteúdo de açúcares redutores (MILLER, 1959).

1.3.3 Obtenção do extrato aquoso

As raízes frescas de yacon foram selecionadas, considerando ausência de podridão na casca, pesadas, higienizadas, descascadas manualmente e fatiadas. Em seguida, foram imersas em solução de NaHSO₃ 0,2% durante 1 hora para inativação enzimática (Figura 3). Após drenagem da água, as fatias foram transferidas para liquidificador, adicionado 0,03% de NaHSO₃, valor calculado sobre teor de sólidos totais da raiz, e trituradas durante 2 minutos sem adição de água em velocidade máxima. Posteriormente, todo o material foi transferido para um funil contendo filtro de nylon (higienizado em solução clorada a 200 ppm) e filtrado à pressão manual. Após esgotamento do extrato, o resíduo foi cuidadosamente lavado com água destilada em temperatura a 25 °C, para lixiviação dos carboidratos nos restos do material celular.

Terminada esta etapa, o filtrado foi concentrado em até 10,7% de teor de sólidos, em evaporador rotativo de capacidade 4L, marca BUCHI R-220 SE a 60°C e pressão 72mBar com o intuito de remover água e elevar o teor de sólidos totais para aumentar o rendimento na secagem. Em teores de sólidos acima deste valor foi observado material aderido nas bordas do balão, e para evitar perdas de material, o valor de 10,7% foi estipulado. Após ser concentrado, o extrato foi armazenado em freezer a -18°C até a secagem em *spray dryer*.

O extrato aquoso concentrado foi submetido ao processo de atomização seguindo um delineamento experimental 2² com dois pontos experimentais. Para isto, o extrato aquoso concentrado, incorporado com diferentes adjuvantes (aerosil; maltodextrina; amido pré-gelatinizado), nas concentrações (20; 35; 50 %p/p) foram secos. A obtenção dos extratos secos consta da Figura 3.



Figura 3. Esquema geral de obtenção do extrato seco de yacon, sendo (A) Raízes tuberosas de yacon; (B) Fatias imersas em solução de bissulfito; (C) Fatias de yacon trituradas; (D) Extrato aquoso; (E) Evaporador rotativo; (F) *Spray dryer*; (G) Extrato seco obtido com aerosil; (H) Extrato seco obtido com maltodextrina; (I) Extrato seco com amido pré-gelatinizado.

O esquema geral do processo em termos quantitativo, desde a obtenção do extrato aquoso até o produto final que é o extrato seco, pode ser visto na Figura 4.

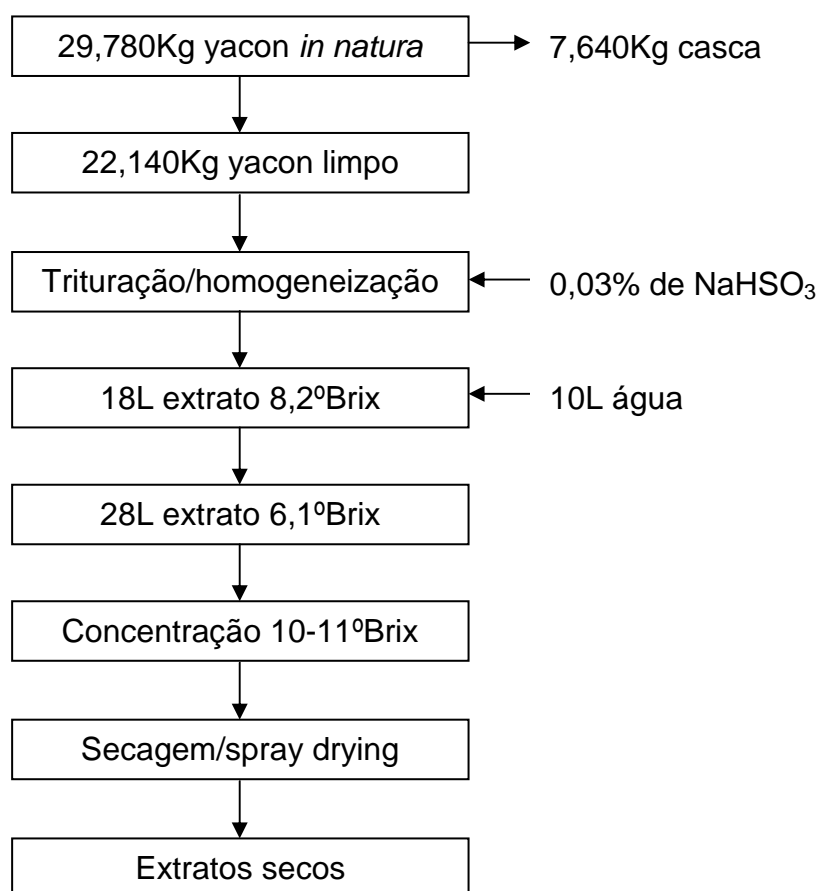


Figura 4. Esquema de obtenção do extrato seco

1.3.4 Determinação do pH no extrato bruto

O pH foi determinado empregando método potenciométrico, o qual avalia a concentração de íons de hidrogênio livres. O pHmetro foi previamente calibrado com soluções tampão 4,0 e 7,0 (IAL, 2008).

1.3.5 Sólidos totais

Os sólidos totais foram quantificados em balança de infra-vermelho, marca OHAUS MB 35. A balança registra o peso inicial, após sua rápida desidratação, o peso final. Com isso, é possível quantificar os sólidos totais presentes na amostra. Segundo o método número 202 descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), o resíduo seco pode ser calculado subtraindo-se de 100 g da amostra o número de g de “umidade por cento” ($100 - \text{g de umidade} = \text{sólidos totais}$). Considera-se a diferença como o nº de g do “resíduo seco por cento”. Este método foi utilizado para obter o conteúdo de sólidos totais no extrato aquoso e também para obter o conteúdo de água residual nos extratos secos.

1.3.6 Análise de frutanos

A estrutura química dos FOS é uma molécula não redutora (LACHMAN, 2004). Sendo assim, ao calcular o conteúdo total de frutose e subtrair o conteúdo de açúcares livre, pode se conseguir a partir disso, o resultado estimado dos frutanos totais presentes na amostra. Desta maneira, este método foi utilizado para quantificar o teor de frutanos.

Para o doseamento de frutose livre e frutose ligada foi utilizado o método de Antrona modificada para cetoses (JERMYN, 1956). Esta metodologia se baseia na ação hidrolítica e desidratante do ácido sulfúrico concentrado sobre os carboidratos com ligações glicosídicas. As ligações são hidrolisadas e os açúcares simples desidratados para furfural ou hidroximetilfurfural. Estas substâncias se condensam com a antrona (9,10-dihidro-9-oxoantraceno) dando um produto de coloração verde escuro (VILLELA, 1973).

Preparo da solução de antrona 0,2%: reativo de antrona (Sigma®) 0,2% (p/v) foi preparado em ácido sulfúrico 76% (v/v)

Preparo da curva padrão: 100mg de frutose foi transferido para um balão de 500mL e o volume completado com água destilada. Alíquotas de 50 μ L, 100 μ L, 150 μ L, 200 μ L foram transferidas para tubos de ensaio pequenos previamente enumerados. Foram adicionados 200 μ L - 150 μ L - 100 μ L - 50 μ L, respectivamente, de água destilada para completar um volume de 250 μ L. Na sequência foram adicionados 2,5mL de Antrona 0,2% em cada tubo. Os tubos foram agitados e incubados em banho-maria a 37°C durante 45 minutos. A leitura das absorbâncias foi realizada em espectrofotômetro a 620nm, sendo a equação da reta e o valor de r obtida pela interação da concentração de frutose e a absorbância de cada ponto.

Preparo do branco: Em um tubo de ensaio foi adicionado 250 μ L de água e 2,5mL de Antrona 0,2%.



Figura 5. Padrão de frutose pelo método antrona modificada para cetoses. A concentração de frutose segue da esquerda para a direita (50 μ L-200 μ L). O tubo de coloração amarela é o branco

Para quantificar frutose total, açúcar redutor e compostos fenólicos nos extratos secos, uma dispersão inicial foi preparada. Para isto, 1g de amostra foi transferido para um balão volumétrico de 25mL e completado com água destilada. Para a completa dissolução, a dispersão foi levada ao banho de ultrasson durante 10 minutos. Em seguida, todo o conteúdo do balão foi centrifugado a 10000 rpm a 4°C e o sobrenadante recuperado para as análises.

Para o doseamento de frutose total, 1mL da dispersão inicial foi diluído em 100mL de água destilada. Uma alíquota de 150 μ L foi transferido

para um tubo, adicionado 100µL de água destilada e 2,5mL do reativo de Antrona 0,2%. Na sequência, o tubo foi levado ao banho a 37°C durante 45 minutos. A cor verde, produzida da formação de furfural ou hidroximetilfurfural pela cetoses, foi medida em espectrofotômetro Femto 700 plus (Femto, São Paulo, Brasil) a 620nm. Os resultados foram calculados a partir da equação da reta obtida da curva padrão de frutose e expressos em g por 100g de extrato seco.

O conteúdo de frutose e glicose livre foi quantificado pelo método do ADNS – Ácido-3,5-Dinitrossalicílico (Sigma®), em que, na presença do açúcar redutor é reduzido para ácido 3-amino-5-nitrossalicílico resultando em uma coloração “marrom” (MILLER, 1959).

Inicialmente o açúcar redutor foi doseado no extrato aquoso *in natura* e após a etapa de concentração em rotoevaporador. Após, o processo de secagem foi realizado também nos extratos secos.

A partir da diluição inicial, fez-se uma segunda diluição: 3mL da dispersão inicial foram transferidos para balão volumétrico de 100mL e o volume completado com água destilada. Na sequência, 0,8mL foi transferido para tubo de ensaio, adicionado 2mL do reativo ADNS e mais 1,4mL de água destilada. Em seguida, o tubo foi levado ao banho fervente durante 6 minutos. A cor marrom, produzida pela redução do ADNS na presença do açúcar redutor, foi medida em espectrofotômetro Femto 700 plus (Femto, São Paulo, Brasil), a 540nm. Os resultados foram calculados a partir da equação da reta obtida da curva padrão de glicose. Os resultados foram expressos em g de açúcar redutor por 100g de extrato seco.

O teor total de FOS foi calculado pela diferença entre a quantidade de frutose total e açúcares redutores e o resultado expresso em g por 100 g de extrato seco.

1.3.7 Quantificação de compostos fenólicos totais

A determinação de compostos fenólicos totais foi realizada nos extratos aquoso e secos de acordo com Singleton e Rossi (1965) modificado por Hassimoto, Genovese, Santos e Lajolo (2003).

Para o extrato aquoso, 2.5 mL foram diluídos em 10 mL de água destilada. Para o extrato seco, uma alíquota de 0,25 mL, obtido conforme indicado no item 1.3.6, foi transferido para tubo de ensaio, adicionou-se 2 mL de água destilada e 0,25 mL do reagente de Folin-Ciocalteu, decorrido três minutos à temperatura ambiente, adicionou-se 0,25 mL de solução de carbonato de sódio 7,5%, após agitar, os tubos foram colocados em banho a 37°C durante 30 minutos para efetivar a reação. A cor azul, produzida pela redução do reagente Folin-Ciocalteu pelos fenólicos, foi medida em espectrofotômetro Femto 700 plus (Femto, São Paulo, Brasil), a 750 nm. Os resultados foram calculados a partir da equação da reta obtida da curva padrão do ácido gálico. Os resultados foram expressos em g de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g da amostra. Para ocorrer a reação, os tubos são levados ao banho fervente durante 6 minutos, e em seguida, resfriados em banho frio. A leitura das absorvâncias ocorreu em espectrofotômetro com comprimento de onda de 620nm.

1.3.8 Determinação da atividade antioxidante do extrato aquoso

A metodologia utilizada para determinação da atividade antioxidante foi proposta por Brand-Williams et al (1995) com modificações. O extrato aquoso foi diluído em água na concentração de 0.2 mg/mL. Foram pipetados 1500µL de DPPH (diluído em metanol a 20 mg/L) em cubeta de 3 mL e levado ao espectrofotômetro em seguida foram adicionados 750µL da amostra. Para avaliar a cinética da reação, o extrato aquoso após ser adicionado do DPPH, foi monitorado por meio do registro da absorvância durante 20 minutos, momento em a reação atingiu a estabilidade. Os percentuais de DPPH remanescentes foram calculados e plotados em função do tempo da reação. Para a leitura no espectrofotômetro usou-se o metanol para zerar o equipamento e a absorvância foi medida no

comprimento de onda de 517nm. A análise foi realizada em triplicata e para avaliação dos resultados foi utilizada o padrão de BHT também a 0.2mg/mL, as médias e os desvios-padrão foram calculados. Para expressar os resultados foi utilizado o programa Excel (Versão 2007).

1.3.9 Ensaio preliminar

Para avaliar o comportamento do extrato aquoso de yacon frente ao sistema de secagem, foi realizado um teste preliminar. Para isto, foi utilizado 100mL de extrato aquoso a 10,67% de sólidos totais e o equipamento ajustado a uma temperatura de 120°C, fluxo de 4mL/minuto. O material ficou completamente retido na câmara de secagem e na tubulação do equipamento. Além disso, foi observado também escurecimento pela caramelização do açúcar presente no extrato aquoso bem como formação de filme no interior da câmara de secagem. A partir deste teste, ficou constatado a necessidade de inserir um agente de secagem. Com isto, foi proposto a adição do aerosil 200, maltodextrina MOR-REX 1920 e amido pré-gelatinizado nas concentração de 20 e 50% sobre o teor de sólidos totais presente no extrato aquoso.

1.3.10 Obtenção e caracterização do extrato seco de yacon

Os experimentos de secagem foram realizados em um *spray dryer* que tem fluxo co-corrente, isto é, a direção do fluxo do ar de secagem é a mesma da alimentação. Os principais componentes deste sistema são: sistema de alimentação do extrato, composto por uma bomba peristáltica e um atomizador pneumático (duplo-fluido), com orifício de 1,2mm de diâmetro interno, ar de secagem fornecido por um secador circular, aquecido por meio de resistência elétrica e com temperatura regulada por um termostato digital, câmara de secagem de formato cilíndrico (160mm de diâmetro e 645mm de comprimento), construída de vidro borossilicato.

Para isto, o extrato aquoso concentrado de yacon apresentando densidade $1,038 \pm 0,001$ g/mL a 25°C; sólidos totais $10,67 \pm 0,022$ (% p/v);

viscosidade dinâmica de $4,34 \pm 0,056$ mPas; frutose total de 61.2 ± 0.066 (%p/p); açúcar redutor de 19 ± 0.11 (% p/p); adicionados de diferentes concentrações de aerosil, maltodextrina e amido pré-gelatinizado, e fluxo de alimentação do sistema variando de 2 a 6 mL/minuto foram secos em secador por atomização (mini *spray dryer*) Lab Plant, modelo SD-05 (Labmaq do Brasil Ltda., Ribeirão Preto, SP, Brazil), alimentado por uma bomba peristáltica.

O seguinte conjunto de condições foi mantido fixo para todos os experimentos: a pressão do ar 4,0 bar; massa de extrato aquoso concentrado de 300 g; vazão do ar de secagem foi de $3,0 \text{ m}^3/\text{min}$, sendo este ar aquecido até $110 \text{ }^\circ\text{C}$, tempo de incorporação do adjuvante 30 minutos, fluxo de ar comprimido 45 L/min, bico injetor com orifício de 1,2 mm de diâmetro. A amostra foi mantida sob agitação e em temperatura ambiente. Os extratos secos de yacon foram coletados na saída do secador, pesados e armazenados em frascos fechados e em dessecador, armazenado à temperatura ambiente. O desenho do secador não permite o controle da temperatura de saída.

1.3.11 Delineamento Experimental

Para estudar os efeitos da concentração e do fluxo de alimentação sobre os teores de frutooligossacarídeos (FOS) e compostos fenólicos (CF) na secagem do extrato aquoso de yacon em *spray drier*, experimentos baseados em planejamentos fatoriais em dois níveis com três pontos centrais foram realizados para cada um dos adjuvantes estudados (aerosil, maltodextrina e amido pré-gelatinizado). A melhor combinação dos parâmetros de secagem foi determinada considerando os efeitos das variáveis independentes (concentração de adjuvante e fluxo de alimentação) sobre o teor de FOS e CF, obtido nos extratos secos no final do processo.

As variáveis independentes codificadas e decodificadas estão apresentadas na Tabela 3. Os fatores foram codificados seguindo a regra de codificação apresentada pela equação 1. A combinação dos testes resultantes do desenho experimental pode ser visualizada na tabela 4.

$$\text{variável codificada} = \frac{(\text{valor não codificado} - 0,5 * (\text{maior vabr} + \text{menor val}\alpha))}{0,5 * (\text{maior vabr} - \text{menor val}\alpha)} \quad (\text{Eq. 1})$$

Tabela 3. Fatores codificados e seus níveis no planejamento fatorial 2².

Fator	Símbolo	Níveis	
		-1	+1
Concentração de Adjuvante (%)	X ₁	20	50
Fluxo de Alimentação (mL/min)	X ₂	2	6

Tabela 4. Planejamento fatorial 2² com três pontos centrais para estudar o efeito da concentração e do fluxo de alimentação sobre o teor de compostos fenólicos e frutooligossacarídeos na secagem do extrato aquoso de yacon em *spray dryer* para três tipos de adjuvantes.

Tipo de Adjuvante	Ordem aleatória	Variáveis codificadas		Variáveis decodificadas	
		X ₁	X ₂	X ₁	X ₂
Aerosil	7	0	0	35	4
	6	0	0	35	4
	1	-1	-1	20	2
	2	1	-1	50	2
	3	-1	1	20	6
	4	1	1	50	6
	5	0	0	35	4
Maltodextrina	7	0	0	35	4
	6	0	0	35	4
	1	-1	-1	20	2
	2	1	-1	50	2
	3	-1	1	20	6
	4	1	1	50	6
	5	0	0	35	4
Amido pré-gelatinizado	7	0	0	35	4
	6	0	0	35	4
	1	-1	-1	20	2
	2	1	-1	50	2
	3	-1	1	20	6
	4	1	1	50	6
	5	0	0	35	4

1.3.12 Análise estatística

Com base nos resultados dos planejamentos fatoriais, modelos lineares foram construídos para cada adjuvante conforme a equação 2:

$$y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 \quad (\text{Eq. 2})$$

onde cada b_i é um coeficiente de ajuste, X_1 e X_2 a concentração do adjuvante e o fluxo de alimentação, respectivamente, as respostas para os modelos FOS e CF, e e o erro estimado. Análises da variância, utilizando o programa Design Expert® v.7, foram realizadas para cada modelo.

Segundo Barros Neto, Scarminio e Bruns (2007), é possível responder a diferentes perguntas de forma racional e econômica por meio de planejamentos experimentais baseados em princípios estatísticos. Aplicando estas metodologias, os pesquisadores podem extrair do sistema em estudo o máximo de informação útil, fazendo um número mínimo de experimentos.

1.3.13 Análise de microestrutura dos extratos secos de yacon

O efeito dos parâmetros de secagem sobre a microestrutura dos extratos secos foi avaliado para os experimentos que resultaram em melhor conteúdo final de FOS. Uma alíquota de cada extrato seco de yacon foi colada na parte superior de uma fita adesiva de dupla face convencional, fixada em stubs de 12 mm de diâmetro e 10 mm de altura. Para a metalização, em metalizador Sputter Coater Balzers SCD050, foi aplicada uma corrente de 40 mTorr durante 180 segundos, tendo como gás de arraste o argônio a um vácuo de 0,05 mbar. As fotomicrografias foram obtidas pelo Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV, Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging), disponível no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Instituto de Física (IF/UFG).

1.4 REFERÊNCIAS

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**, Washington, 17 ed. 2000.

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B.R.; TROUNG, V. Characterization of the surface stickiness of fructose-maltodextrin solutions during drying, *Drying Technology*. London, v. 21, n. 1, p. 17–34, 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº18, de 30 de abril de 1999**. Aprova o regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e/ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Brasília, DF: Presidência da República, 2008. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm. Acesso em: 2 jun. 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos**. IX Lista de alegação de propriedade funcional e ou de saúde. Atualização em julho/2008. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm. Acesso em: 20 de setembro de 2011.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 3. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2007. 480p.

BLIGH, E. G. & DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. Ottawa, v. 37, n. 08, p. 911-917, 1959.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional Significance. **Nutrition Reviews**, New York, v. 56, n. 11, p. 317-333, 1998.

BRENNAN, J. G. **Food Processing Handbook**. Weinheim. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2006. 602p.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; SARDAGNA, L. D.; CAL-VIDAL, J. Mango juice dehydration spray drying using different carriers and functional characterization. Drying – **Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS)**, São Paulo, Brazil, v. C, pp. 2005-2012, 2004

CHEGINI, G.R.; GHOBADIAN, B. Spray Dryer Parameters for Fruit Juice Drying. **World Journal of Agricultural Sciences**, Deira, v. 3, n. 2, p. 230-236, 2007.

COUSSEMENT, P. A. A. Inulin and Oligofructose: Safe intakes and Legal Status. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 129, p. 1412–1417, 1999.

COUTO, R. O; ARAÚJO, R. R.; TACON, L. A.; CONCEIÇÃO, E. C.; BARA, M. T. F.; PAULA, J. R.; FREITAS, L. A. P.; Development of a phytopharmaceutical intermediate product. **Drying Technology**, London, v. 29, p. 709 a 718, 2011.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, Washington, v.28, n.3, p. 350-356, 1956.

EDELMAN, J.; JEFFORD, T. G. The mechanism of fructosan metabolism in higher plants as exemplified in *Helianthus tuberosus*. **New Phytologist**, Lancaster, v. 67, n. 3, p. 517–531, 1968.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e Prática**. Tradução. Florência Cladera Oliveira. Porto Alegre: Editora Artmed, 2 ed., 2006.

FUKAI, K.; MIYAZAKI, S.; NANJO, F.; HARA, Y. Distribution of carbohydrates and related enzyme activities in yacon (*Polymnia sonchifolia*), **Soil Science & Plant Nutrition**, Tokyo, v. 39, n. 3, p. 567-571, 1993.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, Essex, v. 40, p. 1107–1121, 2007.

GENTA, B. S.; CABRERA, W. M; GRAU, A.; SÁNCHEZ, S. S. Subchronic 4-month oral toxicity study of dried *Smallanthus sonchifolius* (yacon) roots as a diet supplement in rats. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 43 p. 1657–1665, 2005.

GENTA, S.; CABRERA, W.; HABIB, N.; PONS, J.; CARILLO, I. M.; GRAU, A.; SÁNCHEZ, S. Yacon syrup: beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. **Clinical of Nutrition**, Washington, v. 28, n.2, p.182-187, 2009.

GENTA, S. B.; CABRERA, W. C.; MERCADO, M. I.; GRAU, A.; CATALÁN, C. A.; SÁNCHEZ, S. Hypoglycemic activity of leaf organic extracts from *Smallanthus sonchifolius*: Constituents of the most active fractions. **Chemico-Biological Interactions**, Amsterdam, v. 185, p. 143–152, 2010.

GEORGETTI, S. R.; CASAGRANDE, R.; SOUZA, C. R. F.; OLIVEIRA, W. P.; FONSECA, M. J. V. Spray drying of the soybean extract: Effects on chemical properties and antioxidant activity. **LWT Food Science and Technology**, Zurich, v. 41, p. 1521-1527, 2008.

GEYER, M.; MANRIQUE, L.; DEGEN, L.; BEGLINGER, C. Effect of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) on colonic transit time in healthy volunteers. **Digestion**, Basel, v. 78, p. 30-33, 2008.

GIBSON, G. R.; BEATTY, E. R.; WANG, X.; CUMMINGS, J. H. Selective Stimulation of Bifidobacteria in the Human Colon by Oligofructose and Inulin. **Gastroenterology**, Cambridge, v.108 p. 975-982, 1995.

GIBSON, G.; ROBERFROID, M. B. Dietary Modulation of the Human Colonie Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics - Critical Review. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, suppl, p.1401–1412, 1994.

GOTO, K.; FUKAI, K.; HIKIDA, J.; NANJO, F.; HARA Y. Isolation and Structural Analysis of oligosaccharides from yacon (*Polymnia sonchifolia*). **Bioscience, Biotechnology Biochemistry**, Tokyo, v. 59, n.12, p.2346-2347, 1995.

GRAEFE, S.; HERMAN, M.; MANRIQUE I.; GOLOMBEK, S.; BUERKERT, A. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes. **Field Crops Research**, Warwick, v. 86, n. 2-3, p. 157-165, 2004.

HASSIMOTO, N. M. A., GENOVESE, M. I., SANTOS, R. J., & LAJOLO, F. M. (2003). Determinação do conteúdo de fenólicos totais em frutas. **Revista de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 39, p.167-169.

HERMANN, M.; FREIRE, I.; PAZOS, C. Compositional diversity of the yacon storage root. **CIP Program Report: Andean roots and tubers**, 1997-1998.

ITAYA, N. M.; CARVALHO, M. A. M.; FIGUEIREDO-RIBEIRO, R. C. L. Fructosyl transferase and hydrolase activities in rhizophores and tuberous roots upon growth of *Polymnia sonchifolia* (Asteraceae). **Physiologia Plantarum**, Sweden, v. 116, p. 451–459, 2002.

JERMYN, M. A. A new method for determining ketohexoses in the presence of aldohexoses. **Nature**, London, v. 177, n. 4497, 1956.

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, London, v. 98, n. 3 p. 385–392, 2010.

KLEESSEN, B.; HARTMANN, L.; BLAUT, M. Oligofructose and long-chain inulin: influence on the gut microbial ecology of rats associated with a human faecal flora. **British Journal of Nutrition**, London, n. 86, p. 291–300, 2001.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz. **Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, p. 1020, 4. ed., 1. ed. eletrônica, 2008.

LACHMAN, J.; HAVRLAND, B.; FERNÁNDEZ, E. C.; DUDJAK, J. Saccharides of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] tubers and rhizomes and factors affecting their content. **Plant soil environment**, Praha, v. 50, n. 9, p.383-390, 2004.

LEÓN-MARTÍNEZ, F. M.; MÉNDEZ-LAGUNAS, L. L.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, J. Spray drying of nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*): Effects on powder properties and characterization. **Carbohydrate Polymers**, Worcester, v. 81, p. 864-870, 2010

LINGYUN, W.; JIANHUA, W.; XIAODONG, Z.; TENG DA; YALIN, Y.; CHENGGANG, C.; TIANHUA, F.; FAN, Z. Studies on the extracting technical conditions of inulin from Jerusalem artichoke tubers. **Journal of Food Engineering**, London, v. 79, p. 1087–1093, 2007.

LOBO, A. R.; COLLI, C.; ALVARES, E. P.; FILISETTI, T. M. C. C. Effects of fructans-containing yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl.) flour on caecum mucosal morphometry, calcium and magnesium balance, and bone calcium retention in growing rats. **British Journal of Nutrition**, London, v. 97, n. 04 776–785, 2007.

MALDONADO, S.; SINGH, J. C. Efecto de gelificantes en la formulación de dulce de yacón. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 429-434, 2008.

MANRIQUE, I.; PÁRRAGA, A.; HERMANN, M. Jarabe de Yacón. **Principios y Procesamiento**. Lima, Perú, Centro Internacional de la Papa (CIP), 2005. Serie: Conservación y uso de La biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003), nº 8A, 31p.

MASTERS, K. **Spray drying handbook** – 3. ed. New York: John Wiley & Sons Inc. 1979. 687p.

MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar, **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, n. 3, 1959.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1054, n.1/2, p. 95-111, 2004.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. National Academy Press- Washington. Lost crops of the incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation, 1989, disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/1398.html>>. Acesso em: 10 de agosto de 2011.

NAYAK, C. A.; RASTOGI, N. K. Effect of selected additives on microencapsulation of anthocyanin by spray drying. *Drying Technology*, London, n. 28, p. 1396-1404.

NOGUEIRA, R. I. **Processo de obtenção de inulina de chicória (*Cichorium intybus*) em pó**. 2001. 104f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2001.

NYMAN, M. Fermentation and bulking capacity of indigestible carbohydrates: the case of inulin and oligofructose. **British Journal of Nutrition**, London, v. 87, Suppl. 2, p.163–168, 2002.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (*spray drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba – PR, v. 20, n. 4, p. 641-650, 2010.

OLIVEIRA, A. R. G.; BORGES, S. V.; FARIA, R. K.; ENDO, E.; GREGÓRIO, S. R. Influência das condições de secagem por atomização sobre as características sensoriais de sucos maracujá (*Passiflora edulis*) e abacaxi (*Ananas comosus*) desidratados. **Revista Ciências Agrônomicas**, Fortaleza, v.38, n.3, p.251-256, 2007.

PEDRESCHI, R; CAMPOS, D; NORATTO, G; CHIRINOS, R; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* poepp. endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, p. 5278-5284, 2003.

POOL-ZOBEL, B. L. Inulin-type fructans and reduction in colon cancer risk: review of experimental and human data. **British Journal of Nutrition**, London, v. 93, Suppl. 1, p. 73–90, 2005.

PROSKY, L.; HOEBREGS, H. Methods to Determine Food Inulin and Oligofructose. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, Suppl, p. 1418–1423, 1999

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, p. 386–392, 2007.

RÉ, M. I. Microencapsulation by spray drying. *Drying technology*. New York, v. 16, n. 6, p. 1195-1236. 1998.

ROBERFROID, M. B. **Inulin-type fructans: functional food ingredients**. Series: Modern Nutrition. Boca Raton: CRC Press, 2005.

ROSA, E. D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L. A. P. **Secagem por atomização na indústria alimentícia: Fundamentos e aplicações**. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/Ensino/Graduacao/Disciplinas/Exclusivo/Inserir/Anexos/LinkAnexos/secagem%20de%20materiais.pdf>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2009.

SANTANA, I.; CARDOSO, M. H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 38, n. 3, p.898-905, 2008.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M.; MANRIQUE, I. **El yacon: fundamentos para el provechamiento de un recurso promisorio**. Lima, Peru: Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), 2003. 60p. Disponível em:
http://www.cipotato.org/market/PDFdocs/Yacon_Fundamentos_password.pdf
Acesso em julho de 2010.

SHAHIDI, F; NACZK, M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Technomic Publishing Co Inc., 1995. 331 p.

SILVA, E. B.; CÂNDIDO, L. M. B.; SABINO, J.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C. Composição química da raiz e das folhas desidratadas do yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepp.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 6, n. 3, p. 48-52, 2004.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Daves, v. 16, p. 144-158, 1965.

TAKENAKA, M.; YAN, X. ONO, H.; YOSHIDA, M.; NAGATA, T.; NAKANISHI, T. Caffeic Acid Derivatives in the Roots of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, p. 793-796, 2003.

TOMOMATSU, H. Health effects of oligosaccharides. **Food Technology**, Chicago, v. 48, n. 10, p. 61-65, 1994.

TONELI, J.; PARK, K.; NEGREIROS, A.; MURR, F. Spray-Drying process optimization of chicory root inulin. **Drying Technology**, London, v. 28, p369-379, 2010.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v. 88, p. 411–418, 2008.

VALENTOVA, K; STEJSKAL, D.; BARTEK, J.; DVORÁCKOVÁ, S.; KREN, V.; ULRICHOVÁ, J.; SIMÁNEK, V. Maca (*Lepidium meyenii*) and yacon

(*Smallanthus sonchifolius*) in combination with silymarin as food supplements: In vivo safety assessment. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, n. 46, p. 1006–1013, 2008.

VAN LOO, J.; COUSSEMENT, P.; DE LEENHEER, L.; HOEBREGS, H.; SMITS, G. On the presence of inulin and oligofructose as natural ingredients in the Western diet. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 35, n. 6, p. 525–552, 1995.

VILLELA, G. G.; BACILA, M.; TASTALDI, H. **Técnicas e Experimentos de Bioquímica**, São Paulo: Editora Guanabara, 1973. 552 p.

VILHENA, S. M. C.; CÂMARA, F. L. A; PIZA, I. M. T.; LIMA, G. P. P. Contenido de fructanos em raízes tuberosas de yacón (*Polymnia sonchifolia*). **Ciencia y Tecnologia Alimentaria**, Reynosa, México, v. 4, n. 1, p. 35-40, 2003.

VILHENA, S. M. C.; CÂMARA, F. L. A; KAKIHARA, S. T. O cultivo de yacon no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 5-8, 2000.

VIJN, I.; SMEEKENS, S. Fructan: More Than a Reserve Carbohydrate? (Update on Biochemistry). **Plant Physiology**, Lancaster, v. 120, pp. 351–359, 1999

YAN, X.; SUZUKI, M.; OHNISHI-KAMEYAMA, M.; SADA, Y.; NAKANISHI, T.; NAGATA, T. Extraction and Identification of Antioxidants in the Roots of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 47, p. 4711-4713, 1999.

1 **CAPÍTULO 2**

2 **EXTRATO SECO DE YACON PADRONIZADO EM POLIFENÓIS E**

3 **FRUTOOLIGOSSACARÍDEOS**

4

5 **Adriana C. F. Nishi***

6 Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Goiás, CP 131, 74001-970, Goiânia,

7 GO, Brasil.

8 **Edemilson C. Conceição, Eduardo R. Asquieri**

9 Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Goiás, Praça Universitária, 1166 –

10 Leste Universitário, 74605-220, Goiânia – GO, Brazil

11

12

13

14

15 *Autor correspondente. *E-mail:* adrianafnishi@gmail.com (A. C. F. Nishi).

16

17

18 **Abstract:** The aim of this study was to assess the effect of the adjuvant
19 concentration and feed flow on the drying process to obtain powder rich in
20 fructooligosaccharides (FOS) and phenolic compounds (FC) from yacon
21 aqueous extract. The dry extracts with aerosil, maltodextrin, pre-gelatinized
22 starch at different concentrations showed FOS contents of (27.20 to 32.4,
23 24.25 to 31.3, 23.54 to 35.64 (% w / w)), FC (0.267 to 0.320, 0.319 to
24 0.399, 0.407 to 0.425 (% w / w)), respectively. The images of the dry
25 extract with aerosil showed spherical particles, and those with pre-
26 gelatinized starch and maltodextrin had cluster and amorphous aspect.

27

28 **Keywords:** *Smallanthus sonchifolius*, functional food, spray drying.

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40 1. INTRODUÇÃO

41 O yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma raiz tuberosa nativa da região dos
42 Andes (Colômbia, Equador e Peru)¹ (National Research Council, 1989). Pertence à
43 família Asteraceae, como a chicória (*Cichorium intybus*), a alcachofra de Jerusalém
44 (*Helianthus tuberosus*) e a dália (*Dahlia sp.*)². Sua aparência é a de um tubérculo, no
45 entanto, tem polpa translúcida com textura crocante, ligeiramente adocicada, pouco
46 ácida e não tóxica. É apropriada tanto para o consumo *in natura* em saladas quanto
47 para a indústria na forma de geléias³ ou em produtos de panificação⁴.

48 É constituída principalmente de água, 83 a 90% do peso fresco e carboidratos,
49 91,37% (matéria seca), armazenados, principalmente como frutooligosacarídeos
50 (FOS)⁵. Além disso, possui compostos fenólicos (CF) como ácido cafeico⁶ e ácido
51 clorogênico, antioxidantes naturais que podem atuar na proteção das membranas
52 celulares contra danos por radicais de oxigênio⁷. No entanto, esta raiz apresenta
53 algumas características peculiares após colheita, como a diminuição no seu conteúdo
54 de FOS pela ação de enzimas que promovem a despolimerização da molécula^{5,8}.

55 A incorporação dos compostos benéficos (FOS, CF) do yacon na dieta da
56 população pode ser alcançada por secagem do extrato aquoso em *spray dryer*. Esta
57 técnica tem sido aplicada a alimentos como sucos^{9,10}, mucilagens¹¹, entre outros.
58 Embora, a secagem de extrato rico em açúcares como é o caso do yacon, seja
59 dificultada, o uso de adjuvantes de secagem têm contribuído para reduzir os efeitos
60 causados devido a esta característica intrínseca. Além disso, a técnica de secagem
61 por *spray dryer* pode degradar menos os compostos termolábeis, aumentando a
62 estabilidade do produto final¹². Sendo assim, a secagem dos extratos por *spray dryer*
63 com a adição de adjuvantes aprisiona a substância alvo na matriz do material de
64 proteção, que deve ser essencialmente inerte à partícula. Esta técnica oferece a

65 vantagem de produzir micropartículas em uma operação relativamente simples de
66 processamento contínuo¹³.

67 Devido à suas propriedades funcionais, pesquisas científicas demonstram a
68 aplicabilidade dos FOS desta raiz na prevenção de algumas enfermidades como o
69 Diabetes Mellitus tipo II^{14,15}; no aumento da absorção de minerais como o cálcio¹⁶ e
70 da velocidade do trânsito intestinal¹⁷. Estes benefícios são possíveis devido à
71 estrutura química da molécula de frutooligossacarídeo que resiste a digestão gástrica,
72 chegando ao cólon intestinal, onde acontece sua completa fermentação a ácidos
73 graxos de cadeia curta (butirato, acetato, propionato)^{16,18,19}. Além disso, os FOS
74 presentes no yacon favorecem ao crescimento de microrganismos benéficos da
75 microbiota intestinal²⁰.

76 Do ponto de vista tecnológico, o extrato seco de yacon padronizado em
77 determinado teor, neste caso em FOS e CF possibilita prever a concentração destas
78 substâncias em formulações alimentícias. Desta maneira, a proposta deste estudo foi
79 avaliar a influência de diferentes adjuvantes (aerosil; maltodextrina; amido pré-
80 gelatinizado), de suas concentrações (20; 50 %p/p) e do fluxo de alimentação do
81 sistema (2; 6 mL/min) sobre o teor de FOS e CF tendo em vista existirem poucas
82 informações sobre o comportamento do extrato aquoso de yacon no processo de
83 secagem.

84

85 *2. Material e Métodos*

86 Os reagentes 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH•), gallic acid e Folin-
87 Ciocalteu foram adquiridos da Sigma-Aldrich Co (St. Louis, MO). O reagente 2,6-
88 Di-terc-butyl-4-methylphenol (BHT) foi adquirido da Merck (Hohenbrunn,
89 Germany). Antrona (9,10-dihidro-9-oxoantraceno), ADNS - Ácido 3,5-

90 Dinitrossalicílico, Glicose (alpha-D-glucose, anhydrous, 96%), D-Frutose (levulose)
91 foram adquiridos da Sigma-Aldrich. Todos os reagentes e solventes utilizados são de
92 grau analítico. Adjuvantes de secagem: Aerosil[®] 200 (Colloidal Silicon Dioxide)
93 (Evonik Degussa GmbH, Darmstadt, Germany); Maltodextrina MOR-REX[®] 19-20
94 (Corn Products Brasil Ltda, São Paulo, SP, Brasil); Amido pré-gelatinizado Starch
95 1500.

96

97 *2.1 Matéria prima*

98 As raízes de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) foram cultivadas no Estado de
99 São Paulo, Brasil, e adquiridas na Central de Abastecimento de Goiânia (CEASA) –
100 Goiás. As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Química e
101 Bioquímica e a secagem no Laboratório de Pesquisa de Produtos Naturais, na
102 Faculdade de Farmácia na Universidade Federal de Goiás.

103

104 *2.2 Composição centesimal da raiz de yacon*

105 As raízes do yacon *in natura* foram analisadas quanto ao conteúdo de
106 umidade em estufa à 60°C/24h até obtenção de peso constante; nitrogênio total pelo
107 método de micro-kjeldahl e conversão em proteína bruta utilizando 6,25, como fator
108 de conversão²¹; lipídios totais, extraídos e a determinação por gravimetria, estufa à
109 105 °C/1h até peso constante²²; cinzas (resíduo mineral fixo), por incineração a 550
110 °C em mufla²¹. A determinação dos carboidratos totais seguiu o método fenol
111 sulfúrico²³. Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos
112 como média (g/100g de matéria seca) e desvio-padrão amostral.

113

114

115 *2.3 Obtenção e caracterização do extrato aquoso*

116 O extrato aquoso de yacon foi obtido pela trituração de raízes de yacon
117 usando água como solvente. As raízes foram selecionadas, pesadas, higienizadas,
118 descascadas e fatiadas manualmente. Em seguida, as fatias foram imersas em solução
119 de NaHSO₃ 0,2% durante 1 hora para inativação enzimática. Após, as fatias foram
120 transferidas para o liquidificador, adicionado 0,03% de NaHSO₃ (calculado em
121 função do teor sólidos totais) e trituradas durante dois minutos em velocidade
122 máxima. O extrato obtido foi caracterizado quanto pH, sólidos solúveis, sólidos
123 totais, FOS, carboidratos totais, compostos fenólicos e atividade antioxidante.

124 Na sequência, o material foi filtrado e concentrado em evaporador rotativo
125 (BUCHI, modelo R-220SE) à 60°C e pressão 72mBar até conter por volta de 10%
126 sólidos totais. Em seguida foi caracterizado quanto à viscosidade, medida em
127 viscosímetro Brookfield model DV-III+ (Brookfield Engineering Laboratories, Inc.,
128 Middleboro, MA, USA). Sólidos totais medido por método gravimétrico em
129 analisador com fonte de radiação halógena (Ohaus Inc., Pine Brook, NJ, USA). A
130 densidade pelo método do picnômetro à 25°C. Após a etapa de concentração, o
131 extrato foi armazenado em freezer a -18°C até a secagem.

132

133 *2.4 Determinação de frutooligossacarídeos totais*

134 O conteúdo de frutose total (livre e ligada) foi determinado pelo método de
135 Antrona modificado para cetoses²⁴. A reação de antrona se baseia na ação hidrolítica
136 e desidratante do ácido sulfúrico concentrado sobre os carboidratos que possuem
137 ligações glicosídicas. Nesta reação, as ligações glicosídicas são hidrolisadas e os
138 açúcares simples desidratados se transformam em furfural ou hidroximetilfurfural.

139 Essas substâncias se condensam com a antrona (9,10-dihidro-9-oxoantraceno)
140 resultando num produto de coloração azul petróleo²⁵.

141 Esta metodologia consiste em preparar a solução de antrona 0,2% (p/v) em
142 ácido sulfúrico 76% (v/v). As amostras, após serem diluídas e preparadas, foram
143 incubadas em banho-maria a 37°C durante 45 minutos e a leitura das absorvâncias foi
144 realizada em espectrofotômetro a 620nm, sendo os resultados calculados a partir da
145 equação da reta obtida da curva padrão de frutose. O conteúdo de frutose e glicose
146 livre foi determinado no extrato aquoso e nos extratos secos pelo método do ADNS –
147 Ácido-3,5-Dinitrossalicílico, em que, na presença do açúcar redutor, é reduzido para
148 ácido 3-amino-5-nitrossalicílico²⁶. Para efetivar a reação, os tubos foram levados ao
149 banho fervente durante 6 minutos, e em seguida, resfriados. A leitura das
150 absorvâncias foi em espectrofotômetro a 540nm e os resultados calculados a partir da
151 equação da reta obtida da curva padrão de glicose. O teor total de FOS foi calculado
152 pela diferença entre a quantidade de frutose total e açúcares redutores.

153

154 *2.5 Determinação de compostos fenólicos totais*

155 O teor de compostos fenólicos nos extratos foi avaliado utilizando o reagente
156 Folin-Ciocalteu^{27,28}. Para o extrato aquoso, 2,5 mL foram coletados e diluídos em
157 10 mL de água destilada. Para o extrato seco, cerca de 1g (base seca) do extrato seco
158 foi homogeneizado em 25mL de água destilada. Uma alíquota de 0,25 mL foi
159 adicionado a 2 mL de água destilada e 0,25 mL do reagente de Folin-Ciocalteu.
160 Decorrido três minutos à temperatura ambiente, foi adicionado 0,25 mL de solução
161 de carbonato de sódio 7.5% e, imediatamente, agitados e colocados em banho a 37°C
162 durante 30 minutos para efetivar a reação. A cor azul, produzida pela redução do
163 reagente Folin-Ciocalteu pelos fenólicos, foi medida em espectrofotômetro Femto

164 700 plus (Femto, São Paulo, Brasil), a 750 nm. Os resultados foram calculados a
165 partir da equação da reta obtida da curva padrão do ácido gálico e expressos em g de
166 equivalente de ácido gálico (EAG) por 100g da amostra.

167

168 2.6 *Determinação da atividade antioxidante do extrato aquoso*

169 O extrato aquoso foi avaliado quanto a sua capacidade antioxidante²⁹. Após
170 conhecer o teor de compostos fenólicos, o extrato aquoso foi diluído em água na
171 concentração de 0,2 mg/mL. Foram pipetados 1500µL de DPPH (diluído em metanol
172 a 20 mg/L) em cubeta de 3 mL e levado ao espectrofotômetro em seguida foram
173 adicionados 750µL da amostra. Para avaliar a cinética da reação, o extrato aquoso
174 após ser adicionado do DPPH, foi monitorado por meio do registro da absorbância
175 durante 20 minutos, momento em que a reação atingiu a estabilidade. Os percentuais
176 de DPPH remanescentes foram calculados e plotados em função do tempo da reação.
177 Para a leitura no espectrofotômetro usou-se o metanol para zerar o equipamento e a
178 absorbância foi medida no comprimento de onda de 517nm. A análise foi realizada
179 em triplicata e para avaliação dos resultados foi utilizada o padrão de BHT também a
180 0,2mg/mL, as médias e os desvios-padrão foram calculados. Para expressar os
181 resultados foi utilizado o programa Excel (Versão 2007).

182

183 2.7 *Teste preliminar de secagem*

184 Para avaliar o comportamento do extrato aquoso de yacon frente ao sistema
185 de secagem, o material foi seco sem a adição de adjuvante. Para isto, 100mL de
186 extrato aquoso a 10,67% de sólidos totais, foi seco em *spray dryer*. A temperatura do
187 ar de entrada foi ajustado a 120°C, fluxo de 4mL/min, pressão de ar de 4,0 bar, vazão
188 do ar de secagem de 3,0 m³/min, fluxo de ar comprimido a 45 L/min, bico injetor

189 com orifício de 1,2 mm de diâmetro. A amostra foi mantida sob agitação em agitador
190 magnético e em temperatura ambiente.

191

192 2.8 Planejamento experimental para obtenção dos extratos secos

193 Para estudar os efeitos da concentração de adjuvante e do fluxo de
194 alimentação sobre os teores de frutooligossacarídeos (FOS) e compostos fenólicos
195 (CF) na secagem do extrato aquoso de yacon em *spray drier*, experimentos baseados
196 em planejamentos fatoriais em dois níveis com três pontos centrais foram realizados
197 para cada um dos adjuvantes estudados (aerosil, maltodextrina e amido pré-
198 gelatinizado), Tabela 1. A matriz do planejamento, resultante para cada experimento,
199 realizados de modo aleatório, juntamente com os resultados para a caracterização do
200 extrato de yacon seco, constam da Tabela 3. A melhor combinação dos parâmetros
201 de secagem foi determinada considerando os efeitos das variáveis independentes
202 (concentração de adjuvante e fluxo de alimentação) sobre o teor de FOS e CF, obtido
203 nos extratos secos no final do processo. O equipamento utilizado no processo foi um
204 mini *spray dryer* LM MSD1.0 (Labmaq do Brasil Ltda., Ribeirão Preto, SP, Brazil),
205 alimentado por uma bomba peristáltica. Os fatores do planejamento experimental
206 foram codificados seguindo a regra de codificação estabelecida na equação 1.

207

$$208 \text{ Variável_codificada} = \frac{(\text{Valor_n\~{a}o_codificado} - 0.5 \times (\text{maior_valor} + \text{menor_valor}))}{0.5 \times (\text{maior_valor} - \text{menor_valor})} \quad (1)$$

209 O seguinte conjunto de condições foi mantido fixo para todos os
210 experimentos: a pressão de ar de 4,0 bar; massa de extrato aquoso concentrado de
211 300g; vazão do ar de secagem foi de 3,0 m³/min, tempo de incorporação do
212 adjuvante de 30 minutos, fluxo de ar comprimido a 45 L/min, bico injetor com
213 orifício de 1,2 mm de diâmetro. A amostra foi mantida sob agitação e em

214 temperatura ambiente. Os extratos secos de yacon foram coletados na saída do
215 secador, pesados e armazenados em frascos fechados em dessecador à temperatura
216 ambiente. O rendimento real (R%) dos extratos secos coletados foi obtido pela
217 equação 2, calculado como a razão entre a massa de sólidos do produto em pó
218 coletado no frasco coletor (W) (descontado o teor de umidade (U) dividido pela
219 massa de líquido (Qe) e o seu teor de sólidos.

220

$$221 \quad R(\%) = \frac{W - \%U}{[Qe \times (Ts / 100)] + Adj} * 100 \quad (2)$$

222

223 2.9 *Análise estatística*

224 Com base nos resultados dos planejamentos fatoriais, modelos lineares foram
225 construídos para cada adjuvante conforme a equação 3:

$$226 \quad y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 + e \quad (3)$$

227 onde cada b_i é um coeficiente de ajuste, X_1 e X_2 a concentração do adjuvante
228 e o fluxo de alimentação, respectivamente, y a resposta para os modelos FOS e CF, e
229 e o erro estimado. Análises da variância, utilizando o programa Design Expert®,
230 foram realizadas para cada modelo, e esses resultados constam da Tabela 5.

231

232 2.10 *Morfologia da partícula dos extratos secos de yacon com diferentes adjuvantes*

233 Uma porção de cada extrato seco de yacon foi colada na parte superior de
234 uma fita adesiva de dupla face convencional, fixada em stubs de 12 mm de diâmetro
235 e 10 mm de altura. Para a metalização, em metalizador Sputter Coater Balzers
236 SCD050, foi aplicada uma corrente de 40 mTorr durante 180 segundos, tendo como
237 gás de arraste o argônio a um vácuo de 0,05 mbar. As fotomicrografias foram obtidas
238 pelo Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV, Jeol, JSM – 6610, equipado com

239 EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging), disponível no Laboratório de
240 Microscopia Eletrônica de Varredura do Instituto de Física (IF/UFG).

241

242 **3. Resultados e discussão**

243 *3.1 Composição química do yacon*

244 Os resultados (em base seca) da composição centesimal da raiz de yacon
245 estão apresentados na Tabela 2. O valor encontrado para o teor de FOS ($32,43\% \pm$
246 $0,971$) obtido pela diferença entre o teor de frutose total e açúcar redutor, confirma o
247 valor nutricional desta raiz e o fato de ser diferente de outros tubérculos que
248 armazenam essencialmente amido como carboidrato de reserva. Sendo a cadeia de
249 frutooligossacarídeos não redutora, estrutura que contém frutose e glicose, ao
250 quantificar a frutose total e subtrair o conteúdo de açúcar redutor foi possível obter
251 um teor estimado de FOS na amostra²⁵.

252

253 *3.2 Caracterização do extrato aquoso de yacon*

254 O extrato aquoso *in natura* teve pH de 5,97, fator que torna o material
255 suscetível ao desenvolvimento de microrganismos, já o conteúdo de FOS,
256 $33,5\% \pm 0,64$ e CF $0,44 \pm 0,39$, é elevado em relação ao seu teor de sólidos, sugerindo
257 ser uma boa fonte para elaboração de extrato seco, alternativa que pode melhorar sua
258 estabilidade frente ao armazenamento. Após ser concentrado, apresentou viscosidade
259 $4,34 \pm 0,056$; densidade $1,04 \pm 0,002$; sólidos totais $10,67 \pm 0,051$ e FOS $42,2 \pm 0,082$. Os
260 resultados sugerem que não houve perdas durante esta etapa.

261 A atividade antioxidante foi analisada no extrato aquoso para verificar se os
262 compostos fenólicos presentes neste material tinham capacidade antioxidante. O
263 resultado pode ser visualizado pela curva de DPPH remanescente na Figura 1. Nesta,

264 o extrato aquoso de yacon apresentou atividade antioxidante superior ao padrão BHT
265 na mesma concentração. Durante 4 minutos de reação, houve o consumo de 80% do
266 DPPH enquanto o padrão BHT apresentou a mesma porcentagem somente em 11
267 minutos. A capacidade antioxidante do yacon foi avaliada a partir do extrato
268 metanólico⁷. Comparando os resultados, verificou-se que a atividade antioxidante
269 obtida para o extrato aquoso foi melhor, mesmo uma concentração de inferior,
270 0,2mg/mL. A cinética da reação está relacionada com o teor de CF bem como a sua
271 estrutura. Sabe-se que os monofenóis, como o BHT possui menor atividade
272 antioxidante que os polifenóis, isso justifica o fato do extrato aquoso da raiz de yacon
273 ter apresentado maior atividade na reação³⁰. A elevada atividade antioxidante sugere
274 que o yacon pode trazer benefícios à saúde quando utilizado como alimento com
275 alegação de propriedade funcional. A utilização desta fonte pode significar uma
276 alternativa para o aproveitamento desta raiz que é muito perecível na forma in natura,
277 sendo assim, a elaboração de extrato seco pode ser vantajoso para a indústria
278 alimentícia.

279 Entretanto, o teste preliminar de secagem executado conforme os parâmetros
280 operacionais estabelecidos gerou um produto pegajoso, típico de materiais ricos em
281 açúcares de baixo peso molecular, coloração escura e completamente retido na
282 parede da câmara de secagem e na tubulação do equipamento, confirmando-se a
283 limitação técnica descrita por outros pesquisadores^{10,31}. A diminuição desses efeitos foi
284 conseguida com a incorporação de adjuvantes de secagem. Estudos com secagem
285 descrevem que o adjuvante de secagem atua reduzindo as interações da partícula com
286 fatores ambientais, facilitando o manuseio do produto obtido, bem como o aumento
287 do rendimento do produto final^{13,32,33,34}. Os adjuvantes de secagem também tem a

288 função de proteger compostos termolábeis e aumentar a estabilidade frente ao
289 armazenamento^{35,36}.

290 A seleção do amido pré-gelatinizado e maltodextrina neste experimento foi
291 levando em consideração o fato de serem comestíveis, de fácil aquisição e
292 constituírem base de formulações na indústria alimentícia. O aerosil tem
293 aplicabilidade na indústria farmacêutica no desenvolvimento de extratos secos
294 padronizados e serviu como adjuvante padrão no processo.

295

296 *3.3 Efeito das condições de secagem sobre os extratos secos com aerosil*

297 O teor de FOS encontrado nos extratos secos de yacon atribui ao produto
298 elaborado alegação de propriedade funcional, pois atende a exigência da ANVISA
299 neste parâmetro³⁷. Os resultados da caracterização do extrato seco constam da Tabela
300 3. Utilizando aerosil como adjuvante, FOS e CF apresentaram teores entre 27,20 a
301 32,4 e 0,267 a 0,320 %p/p, respectivamente. As perdas (18,7 a 3,19 %p/p) para FOS
302 e (39 a 27 %p/p) para CF podem estar relacionadas à retenção de material na parede
303 da câmara de secagem, ou ainda com despolimerização dos frutooligossacarídeos,
304 uma vez que houve aumento no teor de açúcar redutor. Alguns autores associam a
305 perda de CF, pela degradação de polifenóis provocada por fenômenos de
306 condensação oxidativa e decomposição de compostos termolábeis induzida pelo
307 aquecimento^{35,38}. Contudo, dentre os adjuvantes testados, os ensaios com aerosil,
308 apresentaram os maiores rendimentos de produto, valor calculado conforme equação
309 2.

310 Apesar dos resultados de FOS terem sido elevados, a análise de variância para
311 o modelo linear mostrou que esse modelo não é significativo, apresentando um valor
312 para o parâmetro estatístico F igual a 2,44 na resposta teor de FOS. Ou seja, as

313 mudanças nas concentrações de aerosil e no fluxo de alimentação não resultaram em
314 mudanças significativas nos resultados experimentais de FOS.

315 Já os resultados obtidos para os valores de CF, a análise de variância do
316 modelo linear entre CF e a concentração de aerosil, X_1 , apresentou um valor de F de
317 29,10, indicando que esse modelo é estatisticamente significativo, e apresenta um
318 coeficiente de correlação, r^2 , de 0,8534. A equação resultante para o ajuste linear
319 consta da Figura 2, cujos pontos, \blacklozenge , representam as médias dos valores de CF para a
320 concentração de aerosil.

321 O efeito negativo referente a X_1 pode está associado à disponibilidade de CF
322 na amostra, proporcionalmente os maiores resultados em fenóis estão nas amostras
323 com menores concentrações de adjuvante.

324

325 *Efeito das condições de secagem sobre os extratos secos com maltodextrina*

326 Para os extratos secos obtidos com maltodextrina, a variação no resultado
327 experimental de FOS e CF foi de 24,25 a 31,3 e 0,319 a 0,399 %p/p,
328 respectivamente. As perdas (27,5 a 6,5%p/p) para FOS foram superiores aos ensaios
329 com aerosil, possivelmente está relacionado a uma menor capacidade de
330 encapsulação deste adjuvante nas condições estabelecidas. Em relação ao teor de CF,
331 as perdas (27,5 a 9,3 %p/p) foram inferiores, indicando que a maltodextrina foi mais
332 eficiente que o aerosil em proteger os fenóis.

333 As propriedades das maltodextrinas variam em função do valor de dextrose
334 equivalente (DE). O uso deste adjuvante para encapsular antocianina foi testado, os
335 pesquisadores observaram que o aumento no valor de DE, entre 6 a 21, resultou em um
336 aumento significativo no conteúdo de antocianina e na capacidade antioxidante, já
337 um valor de DE acima de 33 ambos os parâmetros decresceram³⁹. Maltodextrina com

338 menor DE contém elevada proporção de sacarídeos de cadeia longa, resultando em
339 barreira inflexível durante a microencapsulação que é permeável ao oxigênio. Com
340 aumento no valor de DE, aumenta a proporção de sacarídeo de cadeia curta que
341 resulta em um aumento na propriedade de barreira⁴⁰. Outros pesquisadores tem
342 reportado que maltodextrina com menor DE possui melhores características de
343 ligação^{34,33}. Constituindo-se como melhor adjuvante para encapsular açúcares como
344 frutose e ácidos orgânicos de baixo peso molecular^{32,33,34}.

345 A análise de variância para o modelo linear entre FOS e a concentração de
346 maltodextrina, X_1 , apresentou um valor para o parâmetro estatístico F de 13,
347 indicando que esse modelo é estatisticamente significativo, e um coeficiente de
348 correlação, r^2 de 0,7222. A equação resultante para o ajuste linear consta da Figura 3.
349 Ou seja, a diminuição nas concentrações de maltodextrina resulta em mudanças
350 significativas nos resultados experimentais de FOS.

351 O aumento da concentração de maltodextrina eleva a viscosidade da
352 alimentação do processo, sendo assim a diminuição do rendimento está no fato de se
353 ter maior teor de sólidos com característica para aderir à câmara de secagem³⁶.
354 Entretanto, nesta pesquisa, a recuperação de produto foi maior nas concentrações
355 mais elevadas, provavelmente existem outros fatores que interferem neste parâmetro.
356 Contudo, foi menor que os produtos com aerosil.

357 A análise de variância do modelo linear entre CF e a concentração de
358 maltodextrina, X_1 , apresentou um valor de F de 0,18, indicando que esse modelo não
359 é estatisticamente significativo. Ou seja, as mudanças nas concentrações de
360 maltodextrina não resultaram em mudanças significativas nos resultados
361 experimentais de CF. Já para a interação entre CF e fluxo, X_2 , o valor de F foi de
362 9,70, indicando que o modelo linear é estatisticamente significativo, e apresenta um

363 coeficiente de correlação, r^2 , de 0,6599. A equação resultante para o ajuste linear
364 consta da Figura 4. A reta representa os valores de CF e o fluxo de alimentação,
365 correspondente ao nível codificado ajustado ao modelo e os pontos indicam os
366 resultados experimentais.

367

368 *Efeito das condições de secagem sobre os extratos secos com Amido pré-*
369 *gelatinizado*

370 Para os produtos obtidos com amido pré-gelatinizado, os teores FOS e CF
371 variaram de 23,54 a 35,64 e 0,407 a 0,425 %p/p, respectivamente. Dentre os
372 adjuvantes estudados, o amido reteve mais os compostos, indicando as menores
373 perdas. Ao contrário disto, ao estudar estes adjuvantes em secagem de extratos de
374 soja, os autores reportaram menor degradação dos fenólicos em extratos secos com
375 aerosil⁴¹. Apesar da eficiência do amido em proteger os FOS e CF, houve maior
376 adesão de material na parede da câmara de secagem, ocasionando baixos
377 rendimentos de recuperação dos produtos secos, menor ainda no fluxo de
378 alimentação de 6mL/min. Se a temperatura do ar de entrada permanecer constante,
379 uma diminuição na taxa de alimentação do líquido acarretará em aumento na
380 temperatura do material de saída⁴². Desta maneira, a temperatura de secagem neste
381 caso pode ter sido subestimada.

382 Além disso, o teor de água residual dos produtos ficou superior se comparado
383 aos ensaios com maltodextrina. O ajuste do valor da temperatura e do fluxo de
384 alimentação tem a finalidade de permitir a evaporação do líquido presente nas
385 gotículas antes que estas entrem em contato com a parede da câmara de secagem^{42,43}.
386 Sendo assim, a temperatura de 110°C não foi suficiente para a secagem com este
387 adjuvante nos fluxos estabelecidos. Além disso, a taxa de migração de umidade no

388 interior do alimento para a superfície é função de condições internas como a natureza
389 estrutural do material, quantidade de umidade do produto⁴³. Foi observado nestes
390 extratos secos, partículas com características vítreas, neste estado são muito
391 higroscópicas³¹, possivelmente ocorreu adsorção de água, antes de chegar ao coletor,
392 diminuindo consideravelmente a recuperação do produto seco, conforme visto na
393 Tabela 3.

394 A análise de variância para o modelo linear mostrou que esse modelo não é
395 significativo, F igual a 0,12 na resposta teor de FOS. Ou seja, as mudanças nas
396 concentrações de amido e no fluxo de alimentação não resultaram em mudanças
397 significativas nos resultados experimentais de FOS.

398 Já os resultados obtidos para CF, a análise de variância do modelo linear entre
399 CF e a combinação de concentração de amido, X_1 , e fluxo, X_2 , apresentou um valor
400 de F de 10,68, indicando significância estatística, com um coeficiente de correlação,
401 r^2 , de 0,9144. A equação resultante para o ajuste linear é
402 $CF = 0,42 - 0,00275 X_1 + 0,0027 X_2 - 0,011 X_1 X_2$, Figura 5.

403 A umidade é um importante parâmetro de controle para extrato seco em *spray*
404 *dryer*, é uma variável que depende da temperatura de secagem e do tempo de
405 residência do material na câmara de secagem, sendo um indicador da eficiência do
406 processo⁴⁴. Os produtos obtidos tiveram umidade residual entre 1,7 e 4,7%. Dessa
407 maneira, a partir dos parâmetros estabelecidos pode-se assegurar que o equipamento
408 foi capaz de efetuar a secagem com sucesso.

409 O alto conteúdo de frutooligossacarídeos encontrado nos produtos faz dos
410 extratos secos de yacon fonte de fibra solúvel ou adoçante, especialmente para o
411 enriquecimento de outros alimentos como sobremesas, bolos, produtos instantâneos,
412 sorvetes, achocolatados, sem causar prejuízo ao consumidor.

413 O produto obtido atende a alegação de funcionalidade estabelecida pela
414 Anvisa³⁷, em que estabelece que a porção do produto pronto para o consumo deve
415 conter no mínimo 3g de frutooligossacarídeos para o alimento sólido ser definido
416 com alegações de propriedades funcionais. Sendo assim, a inserção do extrato seco
417 yacon em formulações alimentícias tem possibilidade de conter esta concentração de
418 FOS e por isto ser considerado propriedade de alegação de funcionalidade.

419 A recuperação do produto, indicado pelo rendimento real R (%), oscilou de
420 10 a 54% em relação ao teor inicial de sólidos, cálculo conforme equação 2. Esta
421 resposta foi afetada pela aderência de parte do material na parede da câmara de
422 secagem, mais acentuada para o amido pré-gelatinizado. Os ensaios com aerosil
423 tiveram os maiores rendimentos, até 54% de recuperação, seguido dos ensaios com
424 maltodextrina, com até 39% de recuperação. Dessa forma, é possível afirmar que o
425 aerosil foi mais eficiente nesta resposta.

426

427 *3.4 Efeito das condições de secagem sobre a microestrutura da partícula do extrato* 428 *seco de yacon*

429 O processo de encapsulamento de partícula acontece a partir do envolvimento
430 de agente encapsulante, geralmente um material polimérico que atua como filme
431 protetor, impedindo a exposição inadequada dos compostos bioativos. Esta
432 tecnologia tem aplicação em diversos setores, dentre eles o farmacêutico e o
433 alimentício. Como exemplo na área alimentícia, tem-se a incorporação de corantes,
434 temperos, acidulantes, vitaminas, minerais, compostos fenólicos⁴⁵. Foram
435 selecionadas para a análise da MEV, as amostras obtidas a partir de cada adjuvante
436 na concentração de 20%, Figuras 6a, 6b e 6c. As fotomicrografias indicam variações
437 no tamanho e na conformação da partícula. Analisando a imagem obtida com o uso

438 do aerosil, Figura 6a, verifica-se que este adjuvante proporcionou partículas com
439 formato esférico e diâmetro variável, todavia 59% apresentaram tamanho entre 0,5 e
440 1,0 μm , mantendo o aspecto de pó fino e solto. As partículas são classificadas de
441 acordo com o seu tamanho em nanopartículas ou em micropartículas (0,01 a 0,2 μm)
442 e (1 a 100 μm)⁴⁶. A partir desta definição, é possível classificar as imagens dos pós
443 em micropartículas. Os extratos com maltodextrina e amido pré gelatinizado (Fig. 6b
444 e 6c) apresentaram partículas com superfície lisa e irregular, demonstrando ter uma
445 forte aderência das partículas menores em torno das maiores, tendendo à formação de
446 aglomerados, a conformação adquirida destas partículas impossibilitaram a
447 classificação das mesmas.

448 O processo de secagem por *spray dryer* produz partículas com formato
449 esférico e tamanhos variados, sendo que a estrutura da partícula relaciona-se
450 diretamente com a viscosidade do material, que por sua vez é dependente da
451 concentração do adjuvante, quanto maior a viscosidade, maior será o tamanho da
452 gota, conseqüentemente maior a partícula formada³⁶. Apesar dos ensaios com aerosil
453 terem produzidos imagens com formato e diâmetro definido, suas respostas
454 experimentais para FOS e CF foram inferiores em relação aos demais. Sugerindo que
455 a capacidade de retenção destes compostos, pode não depender apenas do formato
456 definido de uma partícula.

457

458 **4 Conclusão**

459 A influência do adjuvante nos extratos secos por *spray dryer* foi evidenciada
460 pelas características dos pós e o teor resultante de FOS e CF. Os dados demonstraram
461 que o adjuvante de secagem influencia significativamente no processo de elaboração
462 do extrato seco de yacon, haja vista que, sem este é impossível elaborar o extrato

463 seco de yacon. Os extratos secos com aerosil, para os resultados de FOS, a análise de
464 variância para o modelo linear mostrou que o modelo linear não é significativo. Já os
465 resultados obtidos para os valores de CF, a análise de variância do modelo linear
466 entre CF e a concentração de aerosil, X1, apresentou um valor de F de 29,10,
467 indicando que esse modelo é estatisticamente significativo.

468 Os ensaios com maltodextrina indicaram que este é um bom adjuvante de
469 secagem do extrato aquoso de yacon. A adição reteve os FOS e CF na partícula e
470 reduziu os efeitos de adesão de material na parede da câmara de secagem. O modelo
471 indicou que a concentração interfere no teor de FOS, ao passo que o fluxo de
472 alimentação interfere no teor de compostos fenólicos.

473 Apesar de o modelo linear não descrever os dados experimentais dos ensaios
474 com o amido pré-gelatinizado para o teor de FOS, a interação da concentração de
475 amido e o fluxo de alimentação interferiram na resposta CF. Contudo, este adjuvante
476 foi o que mais apresentou problemas técnicos durante a secagem. Estudos de
477 otimização dos parâmetros ainda precisam ser realizados para encontrar a
478 concentração do adjuvante e o fluxo de alimentação ideal.

479

480 **AGRADECIMENTOS**

481 À CAPES; Laboratório de Química e Bioquímica (UFG); Laboratório de
482 Microscopia Eletrônica de Varredura (UFG); Laboratório de Análise de Produtos
483 Naturais (UFG).

484

485 **REFERÊNCIAS**

486 1. National Research Council. National Academy Press . Lost crops of the incas:
487 little-known plants of the Andes whit promise for worldwide cultivation, 1989.

- 488 2. Manrique, I.; Párraga, A.; Hermann, M.; Centro Internacional de la Papa (CIP).
489 **2003**, 8A, 31.
- 490 3. Maldonado, S.; Singh, J. C. *Cienc. tecnol. aliment.* **2008**, 28, 429.
- 491 4. Moscatto, J. A.; Borsato, D.; Bona, E.; Oliveira, A. S.; Haully, M. C. O. *Food Sci.*
492 *Technol.*, **2006**, v. 41, 181.
- 493 5. Lachman, J.; Havrland, B.; Fernández, E. C.; Dudjak, J. *Plant soil environ.*,
494 **2004**, 50, 383.
- 495 6. Takenaka, M.; Yan, X. Ono, H.; Yoshida, M.; Nagata, T.; Nakanishi, T. *J. Agric.*
496 *Food Chem.*, **2003** 51, 793.
- 497 7. Yan, X.; Suzuki, M.; Ohnishi-Kameyama, M.; Sada, Y.; Nakanishi, T.; Nagata,
498 T. *J. Agric. Food Chem.*, **1999**, 47,4711.
- 499 8. Graefe, S.; Hermann, M.; Manrique I.; Golombek, S.; Buerkert, A. *Field Crops*
500 *Res.*, **2004**, 86, 157.
- 501 9. Oliveira, A. R. G.; Borges, S. V.; Faria, R. K.; Endo, E.; Gregório, S. R. *Rev.*
502 *Ciênc. Agron.*, **2007**, 38, 251.
- 503 10. Quek, S. Y.; Chok, N. K.; Swedlund, P. *Chem. Eng. Process.*, **2007**, 46, 386.
- 504 11. León-Martínez, F. M.; Méndez-Lagunas, L. L.; Rodríguez-Ramírez, J.
505 *Carbohydr. Polym.*, **2010**, 81, 864.
- 506 12. Chegini, G.R.; Ghobadian, B. *World J. Agric Sci*, **2007**, 3, 230.
- 507 13. Azeredo, H. M. C. *Alimentos e Nutrição*, **2005**, 16, 89.
- 508 14. Genta, B. S.; Cabrera, W. M; Habib, N.; Pons, J., Carrillo, I. M.; Grau, A. *Clin.*
509 *Nutr.*, **2009**, 28, 182.
- 510 15. Valentová, K; Ulrichová, J. *Biomed. Papers, Olomouc*, **2003**, 147, 119.
- 511 16. Lobo, A. R.; , Colli, C.; Alvares, E. P.; Filisetti, T. M. C. C. *Brit. J. Nutr.*, **2007**,
512 97, 776.

- 513 17. Geyer, M.; Manrique, L.; Degen, L.; Beglinger, C. *Digestion*, **2008**, 78, 30.
- 514 18. Gibson, G. R.; Beatty, E. R.; Wang, X.; Cummings, J. H. *Gastroenterology*,
515 **1995**, 108, 975.
- 516 19. Kleessen, B.; Hartmann, L.; Blaut, M. *Brit. J. Nutr.*, **2001**, 86, 291.
- 517 20. Pedreschi, R; Campos, D; Noratto, G; Chirinos, R; Cisneros-Zevallos, L. J.
518 *Agric. Food Chem.*, **2003**, 51, 5278.
- 519 21. Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*,
520 Washington, AOAC, **2000**.
- 521 22. Bligh, E. G.; Dyer, W. J. *Can. J. Biochem. Physiol.*, **1959**, 37, 911.
- 522 23. Dubois, M.; Gilles, K. A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A.; Smith, F. *Anal. Chem.*,
523 **1956**, 28, 350.
- 524 24. Jermyn, M. A. *Nature*, **1956**, 177, 38.
- 525 25. Villela, G. G.; Bacila, M.; Tastaldi, H.; *Técnicas e Experimentos de Bioquímica*,
526 Ed. Guanabara, São Paulo, **1973**.
- 527 26. Miller, G. L.; *Anal. Chem.*, **1959**, 31.
- 528 27. Singleton, V. L.; Rossi, J. A.; *Am. J. Enology and Viticulture*, **1965**, 16, 144.
- 529 28. Hassimoto, N. M. A.; Genovese, M. I.; Santos, R. J.; Lajolo, F. M.; *Rev. Ciên.*
530 *Farm.*, **2003**, 39, 167.
- 531 29. Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.; Berset, C.; *Food Sci. Technol.*, **1995**, 28, 25.
- 532 30. Moure, A.; Cruz, J. M.; Franco, D.; Domínguez, J. M.; Sineiro, J.; Domínguez,
533 H.; Núñez, M. J.; Parajó, J. C.; *Food Chem.*, **2001**, 72, 145.
- 534 31. Toneli, J.; Park, K.; Negreiros, A.; Murr, F.; *Dry. Technol.*, **2010**, 28, 369.
- 535 32. Adhikari, B.; Howes, T.; Bhandari, B.R.; Troung, V.; *Dry. Technol.*, **2003**, 21,
536 17.
- 537 33. Desobry, S.A.; Netto, F.M.; Labuza, T.P.; *J. food sci.*, **1997**, 62, 1158.

- 538 34. Cai, Y.Z.; Corke, H.; J. food sci., **2000**, 65, 1248.
- 539 35. Couto, R. O.; Chaul, L. T.; Oliveira, E. M. S.; Alves, S. F.; Conceição, E. C.;
- 540 Bara, M. T. F.; Rezende, K. R.; Paula, J. R.; Food Chem., **2012**, 131, 99.
- 541 36. Tonon, R. V.; Brabet, C.; Hubinger, M. D.; J. food eng., 2008, 88, 411.
- 542 37. Brasil. IX Lista de alegação de propriedade funcional e ou de saúde. Atualização
- 543 em julho/2008. Disponível em:
- 544 http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lis-ta_alega.htm.
- 545 38. Souza, C. R. F.; Schiavetto, I. A.; Thomazini, F. C. F.; Oliveira, W. P.; Braz. J.
- 546 Chem. Eng., **2008**, 25,59.
- 547 39. Nayak, C. A.; Rastogi, N. K. Dry. Technol., **2010**, 28, 1396.
- 548 40. Duan, X.; Jiang, Y.; Su, X.; Zhabg, Z.; Shi, J.; Food Chem., **2007**, 101, 1365.
- 549 41. Georgetti, S. R.; Casagrande, R.; Souza, C. R. F.; Oliveira, W. P.; Fonseca, M. J.
- 550 V. LWT Food Sci.Technol., **2008**, 41, 1521.
- 551 42. Masters, K. Spray drying handbook – 3. ed. John Wiley & Sons Inc: New York,
- 552 **1979**.
- 553 43. Kajiyama, T.; Park, K. J.; Rev. Bras. Prod. Agroind., **2008**, 10, 1.
- 554 44. Couto, R. O; Araújo, R. R.; Tacon, L. A.; Conceição, E. C.; Bara, M. T. F.;
- 555 Paula, J. R.; Freitas, L. A. P.; Dry. Technol., **2011**, 29, 709.
- 556 45. Ré, M. I. Microencapsulation by spray drying. Dry. Technol., **1998**,16, 1195.
- 557 46. Martin A N.; Physical pharmacy: Physical chemical principles in the
- 558 pharmaceutical sciences. Ed. Lea & Febiger, USA, **1993**.
- 559

560 **Lista de figuras**

561 **Fig. 1.** Cinética da capacidade de sequestro do radical DPPH do extrato aquoso de
562 yacon e BHT como controle.

563 **Fig. 2.** Variação de CF em função da concentração de aerosil. Os pontos em destaque
564 representam os pontos do planejamento, conforme Tabela 3.

565 **Fig. 3.** Variação de FOS em função da concentração de maltodextrina. Os pontos em
566 destaque representam os pontos do planejamento, conforme Tabela 3.

567 **Fig. 4.** Variação de CF em função do fluxo de alimentação, utilizando maltodextrina
568 como adjuvante de secagem. Os pontos em destaque representam os pontos do
569 planejamento, conforme Tabela 3.

570 **Fig. 5.** Superfície de resposta do teor de CF em função da concentração de amido e
571 do fluxo de alimentação.

572 **Fig. 6.** Fotomicrografia obtidas por MEV do extrato seco de yacon para os adjuvantes:
573 Aesosil, maltodextrina e amido pré-gelatinizado com concentração de 20% (6a)
574 1000x; (6b) 1000x; (6c) 1500x.

575

576

577

578

579

580

581

582

583

584

585

586

587

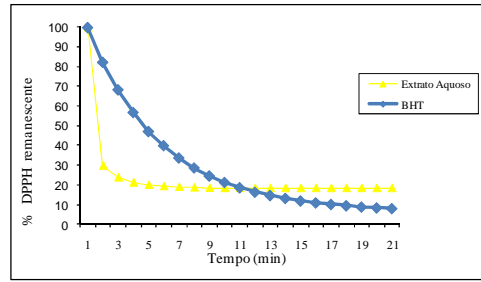


Figura 1.

588

589

590

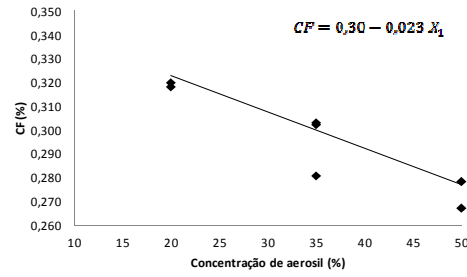


Figura 2.

591

592

593

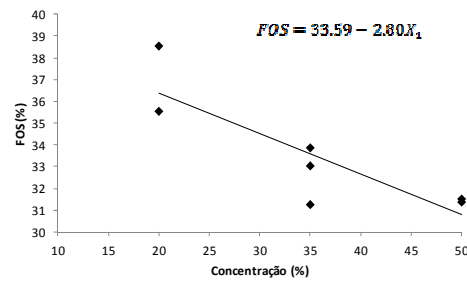


Figura 3.

594

595

596

597

598

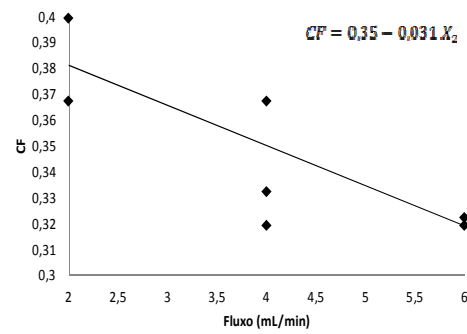
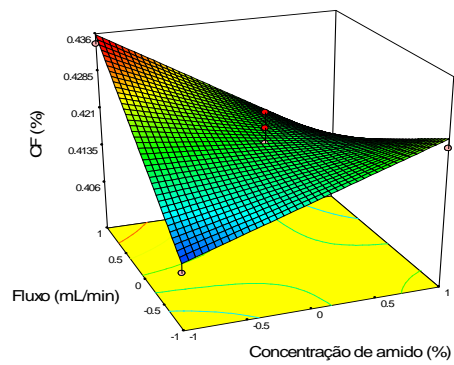
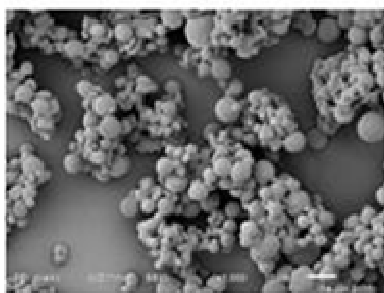


Figura 4.

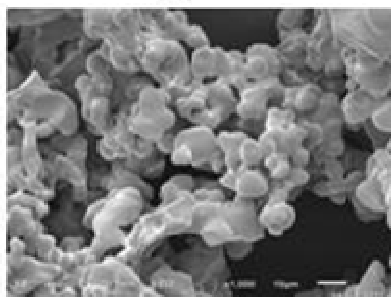


599
600

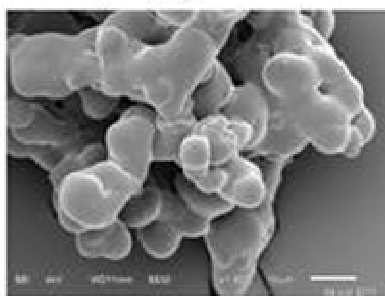
Figura 5.



6a



6b



6c

Figura 6

601
602
603

604

605

606

Tabelas

607

Tabela 1. Fatores codificados e seus níveis no planejamento fatorial 2².

Fator	Símbolo	Níveis	
		-1	+1
Concentração de Adjuvante (%)	X ₁	20	50
Fluxo de Alimentação (mL/min)	X ₂	2	6

608

609

Tabela 2: Composição química da raiz de yacon por 100g da porção comestível, em base seca.

610

Componente	Valor médio ± desvio padrão
Umidade	9,29±0,085
Cinzas	3,33±0,07
Proteínas	4,29±0,173
Lipídios	0,80±0,0359
Carboidratos totais	81,49±4,18
Frutose total	56,47 ± 0,97
Açúcares redutores	24,05 ± 0,13
FOS	32,43 ± 0,971

611

612 **Tabela 3.** Planejamento fatorial 2² com três pontos centrais para estudar o efeito da
 613 concentração (X₁) e do fluxo de alimentação (X₂) sobre o teor de
 614 frutooligossacarídeos (FOS) e compostos fenólicos (CF) na secagem do extrato
 615 aquoso de yacon em *spray dryer* e os resultados da caracterização do extrato de
 616 yacon seco, em valores de U (Teor de água residual) e R (Rendimento real) também
 617 são apresentados.

Adjuvante	X ₁	X ₂	FOS (%p/p)	CF (%p/p)	U%	R (%)
Aerosil	35	4	29,35	0,281	4,7	54,65
	35	4	27,38	0,302	2,3	43,96
	20	2	28,47	0,320	3,2	28,57
	50	2	31,68	0,267	2,2	38,14
	20	6	29,70	0,318	4,7	24,70
	50	6	25,68	0,278	3,7	37,01
	35	4	26,19	0,303	3,0	32,99
Maltodextrina	35	4	33,86	0,367	1,8	33,63
	35	4	33,03	0,332	2,0	38,12
	20	2	38,54	0,399	1,7	23,20
	50	2	31,37	0,367	2,3	29,70
	20	6	35,54	0,319	1,9	24,45
	50	6	31,51	0,322	1,9	34,20
	35	4	31,25	0,319	2,3	39,03
Amido pré-gelatinizado	35	4	34,56	0,425	4,7	21,41
	35	4	35,64	0,419	2,3	22,70
	20	2	24,40	0,407	3,2	17,76
	50	2	25,16	0,423	2,2	16,25
	20	6	23,54	0,434	4,7	10,23
	50	6	28,74	0,407	3,7	12,89
	35	4	30,79	0,422	3,0	20,23

618
619

620 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

621 A influência do adjuvante nos extratos secos por *spray dryer* foi
622 evidenciada pelas características visuais dos pós e o teor resultante de FOS
623 e compostos fenólicos. Os dados demonstraram que o adjuvante influencia
624 significativamente no processo de elaboração do extrato seco de yacon, haja
625 vista que, sem este é impossível elaborar o extrato seco.

626 Além disso, a concentração do adjuvante de secagem e sua interação
627 com o fluxo interferem na qualidade do produto final. O elevado coeficiente
628 de correlação para os ensaios com aerosil e maltodextrina confirma a
629 habilidade do modelo ajustado descrever os resultados experimentais.

630 Apesar de o modelo linear não descrever os dados experimentais dos
631 ensaios com o amido pré-gelatinizado, os resultados ficaram próximos ao
632 valor médio do ponto central, sugerindo a necessidade de fazer uma
633 ampliação do planejamento para obtenção de uma função para o modelo.

634 Os ensaios com maltodextrina indicaram que é possível obter extrato
635 seco de yacon, visto que foi obtido bom rendimento e baixa retenção de
636 material na parede da câmara de secagem. E ainda, ser um adjuvante que
637 tem sido amplamente na indústria de alimentos.

638

639

640

641

642

ANEXOS

643 **Anexo 1 – Normas de publicação do periódico Química Nova**

644 **Anexo 2 – Depósito de pedido de patente ou de certificado de adição ao**
645 **Instituto Nacional de Propriedade Industrial**

646

ANEXO 1

647

648

649 NORMAS DE PUBLICAÇÃO DO PERIÓDICO QUÍMICA NOVA

650

651 INSTRUÇÕES AOS AUTORES

652

Normas de publicação

653

654

655

656

657

658

GERAL - Serão considerados para publicação na Revista Química Nova manuscritos que cubram as áreas tradicionais da Química bem como artigos sobre Ensino de Química, História da Química, Política Científica, etc, além de artigos de áreas afins, desde que tenham acentuado conteúdo químico. Os trabalhos devem se encaixar dentro de uma das modalidades abaixo:

659

660

661

662

663

664

Artigos Originais (em português, inglês ou espanhol): refere-se a trabalhos inéditos de pesquisa. Devem seguir a forma usual de apresentação, contendo Introdução, Resultados e Discussão, Parte Experimental etc, de acordo com as peculiaridades de cada trabalho. Deverão ter no máximo 25 páginas, incluindo figuras, tabelas, esquemas, etc e todas as páginas deverão ser numeradas.

665

666

667

668

669

670

Artigos de Revisão (em português, inglês ou espanhol): destinados à apresentação do progresso em uma área específica de Química, com o objetivo de dar uma visão crítica do estado da arte do ponto de vista do especialista altamente qualificado e experiente. Deverão ter no máximo 40 páginas, incluindo figuras, tabelas, esquemas, etc e todas as páginas deverão ser numeradas.

671

672

673

674

675

676

677

678

É imprescindível que, na referida área, o autor tenha publicações que comprovem a sua experiência e qualificação. Antes do envio do manuscrito, o autor deverá submeter à editoria, por e-mail, um resumo da revisão pretendida, acompanhado de uma carta explicativa da pertinência do trabalho. O material será analisado pelos Editores e, uma vez aprovado, será solicitado ao autor o envio do manuscrito completo, dentro das normas de QN, e só então será dado início ao processo de avaliação pelos assessores.

679

680

O Corpo Editorial de QN poderá, eventualmente, convidar pesquisadores qualificados para submeter artigo de revisão.

681

682

683

684

685

Artigos sobre Educação (em português ou espanhol): trabalhos de pesquisas relacionadas ao ensino de Química e divulgação de experiências inovadoras no ensino de graduação e pós-graduação. Deverão ter no máximo 25 páginas, incluindo figuras, tabelas, esquemas, etc e todas as páginas deverão ser numeradas.

686

687

Notas Técnicas (em português, inglês ou espanhol): trabalhos de comunicação de métodos, validação de métodos, técnicas, aparelhagens ou

688 acessórios desenvolvidos no laboratório de origem do autor do manuscrito.
689 Deverão ter no máximo 25 páginas, incluindo figuras, tabelas, esquemas, etc
690 e todas as páginas deverão ser numeradas.

691 **Assuntos Gerais** (em português, inglês ou espanhol): abordagem de
692 assuntos de interesse geral dos químicos, tais como política científica,
693 programas de graduação e pós-graduação, história da química. etc. Deverão
694 ter no máximo 40 páginas, incluindo figuras, tabelas, esquemas etc. e todas
695 as páginas deverão ser numeradas.

696 **Preparação de manuscritos**

697 Todos os trabalhos deverão ser digitados em espaço duplo, utilizando
698 somente Microsoft Word. A seguir, deve ser gerado um único arquivo no
699 formato *.pdf*, do trabalho todo, para ser submetido através do sistema *on line*
700 *de QN*. A revista não aceita mais a submissão de trabalhos por outra forma.

701 A primeira página deverá conter o título do trabalho, nome e endereço dos
702 autores. Havendo autores com diferentes endereços, estes deverão vir
703 imediatamente após o nome de cada autor. Os autores deverão ser
704 agrupados por endereço. O autor para correspondência, que deverá ser o
705 mesmo que submete o artigo *on line*, deverá ser indicado com asterisco (*) e
706 seu e-mail colocado no rodapé da página (um só e-mail).

707 A segunda página deverá conter o título e o resumo do trabalho em inglês
708 (abstract), com no máximo 100 (cem) palavras, e a indicação de 3 palavras-
709 chave (keywords), também em inglês.

710 As figuras (incluindo gráficos, esquemas, etc) deverão ser em número
711 máximo de 7 figuras simples e ter qualidade gráfica adequada (usar somente
712 fundo branco). Para número maior ver o item Material Suplementar. As
713 figuras, tabelas, esquemas, etc deverão ser colocadas após as referências e
714 devidamente identificadas pelo respectivo número. Se escaneadas, deverão
715 ser em alta resolução (*800 dpi/bitmap para traços*).. No caso particular de
716 esquemas contendo estruturas químicas, estas deverão ter sempre a
717 mesma dimensão, para que possam ser reduzidas uniformemente, além de
718 boa qualidade gráfica. Considerar que as figuras deverão ter largura máxima
719 de uma coluna (8,5 cm).

720 Figuras coloridas terão custo de publicação repassado aos autores, quando
721 da publicação. Esse valor só poderá ser informado aos autores quando o
722 trabalho estiver previsto para ser publicado, ocasião em que a gráfica
723 fornece o orçamento.

724 Para figuras, gráficos, esquemas, tabelas, etc idênticos aos já publicados
725 anteriormente na literatura, os autores deverão pedir permissão para
726 publicação junto à empresa/sociedade científica que detenha os direitos
727 autorais e enviá-la à editoria de *QN* junto com a versão final do manuscrito.

728 As referências deverão ser numeradas consecutivamente no texto, na forma
729 de expoentes, após a pontuação (se houver). A lista de referências deverá
730 ser colocada no final do texto. As legendas das figuras, gráficos e esquemas
731 deverão ser colocadas em uma única folha à parte, separadas das figuras. A
732 seguir, deverão ser colocadas as figuras, os gráficos, os esquemas, as
733 tabelas e os quadros. Colocar os títulos acima de cada tabela. No texto,
734 deverá ser indicada apenas a inserção de cada um(a).

735 Referências

736 Revistas:

737 Será utilizada a abreviatura da revista como definida no Chemical Abstracts
738 Service Source Index (ver <http://www.cas.org/sent.html>). Caso a abreviatura
739 autorizada de uma determinada revista não puder ser localizada e não for
740 óbvio como o título deve ser abreviado, deve-se citar o título completo.

741 1. Varma, R. S.; Singh, A. P.; *J. Indian Chem. Soc.* **1990**, 67, 518.

742 2. No caso especial da revista citada não ser de fácil acesso, é
743 recomendado citar o seu número de Chemical Abstract, como segue:

744 Provstyanoi, M. V.; Logachev, E. V.; Kochergin, P. M.; Beillis, Y. I.; *Izv.*
745 *Vysssh. Uchebn. Zadev.; Khim. Khim. Tekhnol.* **1976**, 19, 708. (CA
746 85:78051s).

747 3. Caso o trabalho tenha doi, mas não a referência completa, citar doi da
748 seguinte maneira:

749 Vidotti, M.; Silva, M. R.; Salvador, R. P.; de Torresi, S. I. C.; Dall'Antonia, L.
750 H.; *Electrochimica Acta* (2007), doi:10.1016/j.electacta.2007.11.029.

751 É recomendado o uso de referências compostas na medida do possível, em
752 lugar de uma lista de referências individuais. O estilo das referências
753 compostas é o seguinte:

754 4. Varela, H.; Torresi, R. M.; *J. Electrochem. Soc.* **2000**, 147, 665; Lemos, T.
755 L. G.; Andrade, C. H. S.; Guimarães, A. M.; Wolter-Filho, W.; Braz-Filho, R.;
756 *J. Braz. Chem. Soc.* **1996**, 7, 123; Ângelo, A. C. D.; de Souza, A.; Morgon, N.
757 H.; Sambrano, J. R.; *Quim. Nova* **2001**, 24, 473.

758 Patentes:

759 Devem ser identificadas da seguinte forma (na medida do possível o número
760 do Chemical Abstracts deve ser informado entre parênteses).

761 5. Hashiba, I.; Ando, Y.; Kawakami, I.; Sakota, R.; Nagano, K.; Mori, T.; *Jpn.*
762 *Kokai Tokkyo Koho* 79 73,771 **1979**. (CA 91:P193174v)

763 6. Kadin, S.B.; *US pat.* 4,730,004 **1988**. (CA 110:P23729y)

764 7. Eberlin, M. N.; Mendes, M. A.; Sparrapan, R.; Kotiaho, T. *Br PI* 9.604.468-
765 3, 1999.

766 Livros:

767 com editor(es):

768 8. Regitz, M. Em *Multiple Bonds and Low Coordination in Phosphorus*
769 *Chemistry*; Regitz, M.; Scherer, O. J., eds.; Georg Thieme Verlag: Stuttgart,
770 1990, cap. 2.

771 sem editor(es):

772 9. Cotton, F.A.; Wilkinson, G.; *Advanced Inorganic Chemistry*, 5th ed., Wiley:
773 New York, 1988.

774 Programas de computação (Softwares):

775 10. Sheldrick, G. M.; *SHELXL-93; Program for Crystal Structure Refinement*,
776 Universidade de Göttingen, Alemanha, 1993.

777 Teses:

778 11. Velandia, J. R.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal Rural do Rio
779 de Janeiro, Brasil, 1997.

780 Material apresentado em Congressos:

781 12. Ferreira, A. B; Brito, S. L.; *Resumos da 20a Reunião Anual da Sociedade*
782 *Brasileira de Química*, Poços de Caldas, Brasil, 1998.

783 Páginas Internet:

784 <http://www.s bq.org.br/jbcs>, acessada em Junho 2001.

785 Material não publicado:

786 Para material aceito para publicação: Magalhães, U. H.; *J. Braz. Chem. Soc.*,
787 no prelo. Para material submetido mas ainda não aceito: Magalhães, U. H.;
788 *J. Braz. Chem. Soc.*, submetido. Para trabalho não publicado ou
789 comunicação pessoal: Magalhães, U. H.; trabalho não publicado ou
790 Magalhães, U. H., comunicação pessoal. Os resultados não publicados só
791 poderão ser citados com a permissão explícita das pessoas envolvidas na
792 sua obtenção.

793 Os autores devem procurar seguir, naquilo que for possível, as normas
794 recomendadas pela IUPAC, inclusive o Sistema Internacional de Unidades.
795 Sobre a nomenclatura de compostos (orgânicos e inorgânicos) já há
796 traduções para a língua portuguesa publicadas em QN. Quanto aos
797 Símbolos e Terminologias, onde não há tradução, espera-se que adaptação

798 seja feita pelos autores, criando então, paulatinamente, um conjunto de
799 normas em português.

800

801 **Submissão Dos Artigos**

802 A QN oferece aos autores a submissão *on line*, que pode ser acessada
803 através do registro de Login e Senha. É possível registrar-se em nossa
804 home page (<http://quimicanova.sbq.org.br>) usando a opção Novo
805 Usuário. Usuários da plataforma do JBCS, já estão cadastrados na base
806 (pois ela é comum às duas revistas), devendo utilizar o mesmo Login e
807 Senha. Após estar cadastrado no sistema, o autor pode facilmente seguir as
808 instruções fornecidas na tela. Será solicitada a submissão de um único
809 arquivo do manuscrito completo, em formato .pdf. Está disponível uma
810 ferramenta para gerar o arquivo *.pdf*, a partir de arquivo *.doc* ou *.rtf*, com
811 envio automático para o e-mail do autor. Tão logo seja completada a
812 submissão, o sistema informará automaticamente, por e-mail, o código
813 temporário de referência do manuscrito, até que este seja verificado pela
814 editoria. Então será enviado e-mail com o número de referência do trabalho.

815 Se não for recebido o e-mail com código de submissão temporária, por
816 algum motivo, a submissão não foi completada e o autor terá prazo máximo
817 de 5 (cinco) dias para completá-la. Depois desse prazo, o sistema não
818 permite o envio, devendo ser feita nova submissão.

819 O autor poderá acompanhar, diretamente através do sistema, a situação de
820 seu manuscrito.

821 Ao fazer a submissão, solicita-se uma carta de apresentação, que deverá
822 ser digitada no local indicado, sendo obrigatória a apresentação dos e-mails
823 de todos os autores. Além disso, devem ser enviados também os nomes,
824 instituições a que pertencem e e-mails de três ou quatro possíveis
825 assessores, que não podem pertencer à(s) mesma(s) instituição(ões) dos
826 autores.

827 **Material Suplementar** - Esta modalidade foi criada para que na versão
828 impressa da revista apareça o número estritamente necessário de figuras e
829 tabelas (6 a 7 figuras simples). Ressalta-se que, como este material ficará
830 disponível apenas na versão *on line*, figuras, tabelas e ilustrações coloridas
831 apresentadas na forma de material suplementar não terão custo repassado
832 aos autores, nem limite de páginas. Porém, devem ter boa qualidade gráfica.

833 O material suplementar deverá ser colocado no final do trabalho, com
834 indicação clara. Deverá ser submetido um único documento .pdf, incluindo o
835 material suplementar.

836 Os Editores poderão solicitar aos autores, em qualquer fase da tramitação, a
837 separação de Material Suplementar.

838 Manuscritos revisados

839 Manuscritos enviados aos autores para revisão deverão retornar à Editoria
840 dentro de prazo máximo de três meses ou serão considerados retirados,
841 sendo que o sistema encerra o processo, não permitindo que seja reaberto.
842 Vencido o prazo, deverá ser feita nova submissão, dando início a um novo
843 processo.

844 A submissão do manuscrito revisado deverá ser feita pelo mesmo autor,
845 usando o Login e a Senha registrados anteriormente. O autor deve seguir as
846 instruções fornecidas na tela, para envio do documento *.pdf* completo da
847 versão revisada e das respostas aos assessores, detalhando as alterações
848 feitas na nova versão e justificando as alterações sugeridas nos pareceres e
849 que não foram aceitas pelos autores. Esses dois arquivos devem ser
850 enviados através da seção Envio de Nova Versão, na Página do Autor, no
851 sistema de submissão on line de QN.

852 Tão logo seja completada a submissão o sistema informará
853 automaticamente, por e-mail, o código temporário de referência do
854 manuscrito, até que ele seja verificado pela editoria. Então será enviado e-
855 mail contendo o número de referência do trabalho.

856 Se não receber o e-mail com código de submissão temporária, por algum
857 motivo, a submissão não foi completada e o autor terá prazo máximo de 5
858 (cinco) dias para completá-la. Depois desse prazo, o sistema não permite o
859 envio, devendo ser feita nova submissão.

860 O autor poderá acompanhar, diretamente através do sistema, o status de
861 seu manuscrito.

862 **VERSÃO FINAL** - Quando for solicitada a versão final, o autor receberá
863 instruções específicas quanto a programas para envio de arquivos (texto,
864 figuras, tabelas, etc) . Arquivos em formato *.pdf* não são mais solicitados
865 nessa fase.

866 Se as Figuras forem escaneadas, deverão ser em alta resolução (800
867 dpi/bitmap para traços) com extensão tif ou jpg, desde que nas dimensões
868 especificadas pelos Editores. As fotos ou desenhos com cor (300
869 dpi/grayscale) deverão ser enviadas com extensão tif/jpg, com largura
870 máxima total de 8,5 cm para não haver problemas ao aplicá-las no padrão
871 da Revista. Outras extensões possíveis: cdr, eps, cdx ou opi. No caso
872 particular de esquemas contendo estruturas químicas, estas deverão ter
873 sempre a mesma dimensão, para que possam ser reduzidas uniformemente.

874 *A Editoria de QN reserva-se o direito de efetuar, quando necessário,*
875 *pequenas alterações nos manuscritos, de modo a adequá-los às normas da*
876 *revista ou tornar seu estilo mais claro, respeitando, naturalmente, o conteúdo*
877 *do trabalho. Qualquer que seja a natureza do manuscrito submetido, ele*
878 *deve ser original em nível de metodologia, informação, interpretação ou*

879 *crítica. A qualificação do trabalho será atestada por dois consultores,*
880 *indicados pela Editoria.*

881 Copyright ©2009 Sociedade Brasileira de Química

882 Para publicação, requer-se que os manuscritos submetidos a esta revista
883 não tenham sido publicados anteriormente e não sejam submetidos ou
884 publicados simultaneamente em outro periódico. Ao submeter o manuscrito,
885 os autores concordam que o copyright de seu artigo seja transferido à
886 Sociedade Brasileira de Química (SBQ), se e quando o artigo for aceito para
887 publicação. O copyright abrange direitos exclusivos de reprodução e
888 distribuição dos artigos, inclusive separatas, reproduções fotográficas,
889 microfilmes ou quaisquer outras reproduções de natureza similar, inclusive
890 traduções. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida,
891 armazenada em bancos de dados ou transmitida sob qualquer forma ou
892 meio, seja eletrônico, eletrostático, mecânico, por fotocópia, gravação, mídia
893 magnética ou algum outro modo, sem permissão por escrito da detentora do
894 copyright. Embora todo esforço seja feito pela SBQ, Editores e Conselho
895 Editorial para garantir que nenhum dado, opinião ou afirmativa errada ou
896 enganosa apareçam nesta revista, deixa-se claro que o conteúdo dos artigos
897 e propagandas aqui publicados são de responsabilidade, única e exclusiva,
898 dos respectivos autores e anunciantes envolvidos. Conseqüentemente, a
899 SBQ, o Conselho Editorial, os Editores e respectivos funcionários, diretores
900 e agentes isentam-se, totalmente, de qualquer responsabilidade pelas
901 conseqüências de quaisquer tais dados, opiniões ou afirmativas erradas ou
902 enganosas.

903

904

905
906
907

ANEXO 2

DEPÓSITO DE PEDIDO DE PATENTE OU CERTIFICAÇÃO DE ADIÇÃO

 07/12/2011 02611000413 10:20 REGO 0000221106814651 Espaço reservado ao protocolo	Usos exclusivos do INPI > Espaço para etiqueta
---	---

DEPÓSITO DE PEDIDO DE PATENTE OU DE CERTIFICADO DE ADIÇÃO

Ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial:

O requerente solicita a concessão de um privilégio na natureza e nas condições abaixo indicadas

1. Depositante (71):

- 1.1 Nome: Universidade Federal de Goiás
1.2 Qualificação ICT
1.3 CNPJ/CPF: 01567601000143
1.4 Endereço Completo Prédio da Reitoria, Campus Samambaia, UFG, Goiânia - GO
1.5 CEP: 74001-970 1.6 Telefone: (62) 35211340 1.7 Fax: (62) 35211162
1.8 E-mail: teodoro@prppq.ufg.br

continua em folha anexa

2. Natureza: Invenção Modelo de Utilidade Certificado de Adição

Escreva, obrigatoriamente, e por extenso, a Natureza desejada: Patente de invenção

3. Título da Invenção ou Modelo de Utilidade ou Certificado de Adição(54):

"EXTRATO SECO PADRONIZADO DE YACON (SMALLANTHUS SONCHIFOLIA): PROCESSO DE OBTENÇÃO E SUAS APLICAÇÕES".

continua em folha anexa

4. Pedido de Divisão: do pedido Nº _____ Data de Depósito: _____

5. Prioridade: interna unionista

O depositante reivindica a(s) seguinte(s):

País ou organização de origem	Número de depósito	Data do depósito

6. Inventor (72):

Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)

- 6.1 Nome: Adriana Cândida Faustino Nishi
6.2 Qualificação Pesquisadora 6.3 CPF: 761.881.241-15
6.4 Endereço completo Rua 229A, n145, apt 302, St. Leste Universitário, Goiânia/GO
6.5 CEP: 74605-100 6.6 Telefone: (62) 30927558 6.7 Fax:
6.8 E-Mail: adrianafnishi@gmail.com

continua em folha anexa

Formulário 1.01 - Depósito de Pedido de Patente ou de Certificado de Adição (folha 1/2)

908
909

7. Declaração na forma do item 3.2 do Ato Normativo nº 127/97:

7.1 Declaro que os dados fornecidos no presente formulário são idênticos ao da certidão de depósito ou documento equivalente do pedido cuja prioridade está sendo reivindicada.

em anexo

8. Declaração de divulgação anterior não prejudicial: (Período de Graça):
(art. 12 da LPI e item 2 do AN nº 127/97)

em anexo

9. Procurador (74)

9.1 Nome:

9.2 CNPJ/CPF:

9.3 API/OAB:

9.4 Endereço completo

9.5 CEP:

9.6 Telefone:

9.7 Fax:

9.8 E-Mail:

10. Listagem de seqüências Biológicas (documentos anexados) (se houver):

- Listagem de seqüências em arquivo eletrônico: n° de CDs ou DVDs (original e cópia).
- Código de controle alfanumérico no formato de código de barras: fl.
- Listagem de seqüências em formato impresso: fls.
- Declaração de acordo com o artigo da Resolução INPI nº 228/09: fls.

11. Documentos anexados (assinale e indique também o número de folhas):
(Deverá ser indicado o nº total de somente uma das vias de cada documento)

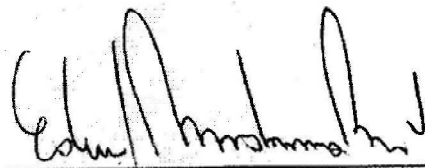
<input checked="" type="checkbox"/>	11.1 Guia de Recolhimento	2 fls.	<input checked="" type="checkbox"/>	11.5 Relatório descritivo	4 fls.
<input type="checkbox"/>	11.2 Procuração	fls.	<input checked="" type="checkbox"/>	11.6 Reivindicações	2 fls.
<input type="checkbox"/>	11.3 Documentos de Prioridade	fls.	<input type="checkbox"/>	11.7 Desenhos	0 fls.
<input type="checkbox"/>	11.4 Doc. de contrato de trabalho	fls.	<input checked="" type="checkbox"/>	11.8 Resumo	1 fls.
<input type="checkbox"/>	11.9 Outros que não aqueles definidos no campo 11 (especificar)				fls.

12. Total de folhas anexadas (referentes aos campos 10 e 11): 9 fls.

13. Declaro, sob penas da Lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

Goiânia, 10 de novembro de 2011.

Local e Data



Assinatura e Carimbo

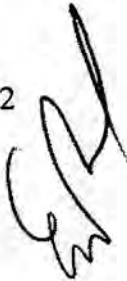
Prof. Edward Madureira Brasil
Reitor da UFG

Nome: Eduardo Ramirez Asquieri
Endereço: Rua 15, 1419, apto 902, Setor Bueno
CEP: 74 230010
Fone: (062) 32023918
CPF: 731158402653
e-mail: asquieri@gmail.com

Nome: Edemilson Cardoso da Conceição
Endereço: Rua D -Q.13 - L.13 - n.170 - Setor Campinas
CEP: 74523100
Fone: [62-32096182](tel:62-32096182)
CPF: 25211374134
e-mail: ecardoso@farmacia.ufg.br

Nome: Daniela Castilho Orsi
Endereço: Rua Natal, 327, apto 801 B-B – Setor Alto da Glória
CEP: 74815-705
Fone: [62-36391444](tel:62-36391444)
CPF: 268572028-69
e-mail: dropsdani@yahoo.com.br

Nome: Henrique Pascoa
Endereço: Rua SB 30 Qd. 45 Lt. 11 Loteamento Portal do Sol 2
CEP: 74884-640
Fone: (62) 3218-2118/9251-6067
CPF: 289.611.648-64
e-mail: hpascoa@terra.com.br



912

913