



Potencialidades do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) no diabetes *Mellitus*¹

*Potential of yacón (*Smallanthus sonchifolius*) for diabetic individuals*

Erika Natália de ALBUQUERQUE²
Priscilla Moura ROLIM²

RESUMO

O diabetes *Mellitus* é uma doença crônica que acomete pessoas em todo mundo, necessitando de tratamento intensivo, orientação médica e nutricional adequada. Estudos recentes estão estudando substâncias contidas nos alimentos que apresentem benefícios à saúde, objetivando a prevenção dessa doença e a melhoria na qualidade de vida da população. O yacon (*Smallanthus sonchifolius*), conhecido pelo seu conteúdo de componentes prebióticos, inulina e Frutoligossacarídeos, é uma raiz tuberosa de origem andina, que nos últimos anos tem sido cultivada no Brasil. Tem como carboidrato de reserva os frutanos, substâncias que atuam como fibras solúveis, além de outras funções fisiológicas, tais como: diminuição da glicemia pós-prandial, redução do índice glicêmico e carga glicêmica. Os frutanos presentes no yacon não necessitam de insulina para seu metabolismo, um dos fatores que justificam o desenvolvimento de novos produtos utilizando o yacon como alternativa de substituição ao açúcar, destinados a pacientes diabéticos. A inulina e os Frutoligossacarídeos presentes no yacon estão sendo cada vez mais estudados e aplicados na tecnologia de alimentos, como substitutos de gordura e açúcar, respectivamente. Nesse sentido, esses compostos bioativos são

¹ Artigo elaborado a partir da dissertação de EN ALBUQUERQUE, intitulada "Potencialidades do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) no diabetes *Mellitus*". Instituto Materno Infantil Professor Fernando Figueira; 2009.

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Nutrição. Av. Gal. Gustavo Cordeiro de Faria, s/n., Petrópolis, 59100-180, Natal, RN, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: EN ALBUQUERQUE. E-mail: <erikanutri22@yahoo.com.br>.

promissores na aplicação clínica, pois além de melhorar a saúde intestinal, somam benefícios funcionais em indivíduos portadores de diabetes *Mellitus*.

Termos de indexação: Diabetes *Mellitus*. Frutanos. Inulina. Oligossacarídeos.

ABSTRACT

Diabetes Mellitus is a chronic disease that affects people worldwide and requires intensive care, appropriate nutrition and medical advice. Recent studies have investigated dietary substances that help to prevent diseases and improve quality of life. Yacón (Smallanthus sonchifolius), known for its prebiotic, inulin and fructooligosaccharide contents, is a tuberous root of Andean origin recently introduced to Brazil. Their reserve carbohydrates are the fructans, substances that not only act as soluble fiber but also present other physiological activities, such as reduction of postprandial blood glucose, reducing glycemic index and load. The fructans found in yacón do not need insulin for their metabolism. This is one of the reasons that justify the development of new products using yacón for replacing sugar for diabetics. Inulin and fructooligosaccharides are being increasingly studied and used in food technology processes to replace fat and sugar, respectively. In this sense, these bioactive compounds are promising for clinical use, since in addition to improving intestinal health, they provide functional benefits for individuals with diabetes Mellitus.

Indexing terms: Diabetes *Mellitus*. Fructans. Inulin. Oligosaccharideos.

INTRODUÇÃO

O yacon (*Smallanthus sonchifolius*), recentemente introduzido no Brasil, vem despertando o interesse do mundo científico devido ao seu potencial como alimento funcional. Diferente da maioria das raízes que armazenam carboidratos na forma de amido, o yacon e várias plantas da família *Compositae* armazenam os carboidratos na forma de frutano. Os órgãos subterrâneos do yacon contêm de 60% a 70% de frutanos do tipo inulina e Frutoligosacarídeos (FOS)¹. Esses carboidratos estimulam o crescimento de bactérias não patogênicas e aumentam a concentração de gases através da fermentação^{2,3}.

Os frutanos (inulina e FOS) não são hidrolisados pelas enzimas do corpo humano, e, dessa forma, passam por meio do trato digestivo sem ser metabolizados, fornecendo baixo conteúdo energético (1,5kcal/g). Tais compostos bioativos, presentes no yacon, exercem funções semelhantes à fibra alimentar, sendo utilizados atualmente em dietas específicas para diabéticos e obesos, apresentando

dados científicos bastante significativos quando comparados a outros alimentos também reconhecidos como fonte de inulina e FOS, como a chicória e a alcachofra³. Certas propriedades medicinais têm sido atribuídas ao yacon devido à constatação de alguns estudos de que esse tubérculo é capaz de reduzir os níveis de açúcar no sangue⁴.

Dentre as doenças crônicas mais frequentes no Brasil, destaca-se o Diabetes *Mellitus* (DM), que consiste em uma disfunção metabólica crônica, grave, de evolução lenta e progressiva, caracterizada pela falta ou produção diminuída de insulina e/ou da sua incapacidade de exercer adequadamente seus efeitos metabólicos, levando à hiperglicemia e glicosúria⁵.

Diante das pesquisas em alimentos com propriedades funcionais, o objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão sistemática da literatura para avaliar as potencialidades do yacon na doença do DM, bem como avaliar sua aplicação em preparações culinárias e no desenvolvimento de novos produtos.

MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa do tipo bibliográfica exploratória, por meio de revisão da literatura, sem restrição de datas, por um período de 5 meses, em bases de dados como SciELO, PubMed, Bireme, MedLine, buscando revistas científicas nacionais e internacionais, com a utilização dos seguintes descritores: yacon e diabetes, yacon e glicemia, frutanos, inulina, FOS, prebióticos. Em busca de maiores informações literárias sobre o tema, também foram pesquisados livros acadêmicos da área de alimentos e nutrição.

RESULTADOS

Frutanos

Os frutanos são reconhecidos como uma classe de carboidratos vegetais há aproximadamente 200 anos, e, depois do amido e da sacarose, são os de maior ocorrência entre as plantas⁶. Eles são formados por uma molécula de sacarose que se une a sucessivas moléculas de frutose por ligações β 2 \rightarrow 1 ou β 2 \rightarrow 6. Nas plantas, tem-se encontrado estruturas diferentes de frutanos: inulina e levano⁷.

A inulina é um polímero linear com ligações glicosídicas β (2 \rightarrow 1) fructosil-fructosa, pertencente ao grupo dos frutanos, importante como carboidratos de reserva em plantas. Na estrutura química, apresenta uma molécula de glicose que pode estar unida ao final de cada cadeia de frutose por uma ligação do tipo α 1 \rightarrow 2, como na molécula de sacarose. Oligômeros de frutose são denominados FOS ou, de forma simplificada, oligofrutoses, mas os frutanos de cadeias longas (inulina) dependem de processos de hidrólise enzimática para a obtenção de oligosacarídeos^{8,9}.

Entre as plantas que estocam frutanos, pode ser citada a *Chicorium intybus* (chicória), *Dahlia pinuata* (dália), *Helianthus tuberosus* (alcachofra de Jerusalém) e mais recentemente tem-se dado bastante importância ao *Smallanthus sonchifolius* (yacon)¹⁰.

Em virtude do principal carboidrato de reserva do yacon ser a inulina - isto é, um frutano que por ter um sabor doce pode ser utilizado em substituição ao açúcar -, esse tubérculo está despertando o interesse da indústria de alimentos para a elaboração de produtos para pessoas diabéticas ou com restrições alimentares⁶.

De acordo com a resolução nº 18/99 surge a hipótese de que yacon possa ser considerado um alimento funcional pelo seu conteúdo de substâncias funcionais, como inulina e FOS, que atuam como fibra solúvel, além da presença de compostos fenólicos, tais como ácido caféico, clorogênico e ferúlico, que apresentam atividade antioxidante no organismo humano¹¹.

Algumas enzimas hidrolíticas, produzidas por microrganismos e plantas - conhecidas como inulases -, são capazes de clivar as ligações β (2 \rightarrow 1) dos frutanos, gerando frutose e glicose. Os seres humanos não fazem sua digestão devido à ausência dessa enzima^{8,10,11}.

São reconhecidamente prebióticos uma vez que não são hidrolisados nem absorvidos na porção superior do trato gastrointestinal, devido à configuração de suas ligações e outras propriedades físico-químicas; induzem efeitos preferencialmente benéficos para a saúde do hospedeiro; alteram a composição da microbiota colonizadora para uma composição mais saudável; são seletivamente fermentados por um ou um número limitado de bactérias potencialmente benéficas (bifidobactérias) ao cólon¹².

A inulina e o FOS não têm uma composição química definida. Eles são uma mistura de frutanos de diferentes tamanhos, e a diferença entre o FOS e a inulina está no número de moléculas de frutose que compõem essas cadeias. A inulina tem de 2 a 60 cadeias, enquanto nos FOS são menores as quantidades: de 2 a 10 cadeias³.

Propriedades tecnológicas dos frutanos e suas aplicações

Esses frutanos e seus derivados oferecem múltiplos usos como ingrediente na formulação de

produtos. A inulina tem sido usada com sucesso como substituto de gordura em vários produtos alimentícios como bolos, chocolates, embutidos, recheios prontos, sobremesas congeladas, molhos, pois atua como agente espessante, retendo água e estabilizando o gel, mantendo dessa forma a mesma percepção sensorial de uma gordura, possivelmente melhorando a textura e o sabor^{8,12-14}.

Utilizando a inulina como substituto de gordura na qualidade de iogurte, Guven *et al.*¹⁵ conseguiram elaborar um produto similar ao controle com adição de 1% de inulina: essa substituição não influenciou as características físicas e sensoriais.

Hennely *et al.*¹⁶, ao estudarem a produção de uma imitação de queijo substituído em 63% de gordura por solução quente de inulina, obtiveram um produto sem nenhuma mudança em suas características de derretimento.

Em estudo com sorvete, El Nagar *et al.*¹⁷ obtiveram uma sobremesa com baixo conteúdo de gordura; o teor de 5% de inulina propiciou efeitos significantes na estrutura, textura do produto e aceitação do produto, isto é, em todos os atributos avaliados pelos consumidores.

Os FOS podem ser usados de modo seguro por diabéticos por serem menos calóricos que a sacarose e fornecerem de 30% a 50% da doçura da sacarose. Eles têm solubilidade maior que a sacarose, não cristalizam, não precipitam, e nem deixam sensação de boca seca ou areia na boca. Os FOS não são degradados durante a maioria dos processos de aquecimento, mas podem ser hidrolisados em frutose em condições muito ácidas e em condições de exposição prolongada de determinados binômios tempo/temperatura¹⁴.

Pelo fato do yacon possuir grande quantidade desses frutanos, seu consumo *in natura* e sua aplicação na indústria de alimentos está sendo estudada para o tratamento de portadores de diabetes.

Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)

O yacon é uma espécie nativa oriunda da região Andina do Equador, Colômbia e Peru; depen-

dendo da área de cultivo, apresenta-se com outros nomes, tais como: arboloco, aricoma, jiquima e llacon. Esse último é comumente utilizado para designar a planta e sua raiz, fonte de carboidratos de reserva, os frutanos^{3,10,18}. A planta faz parte da família *Asteraceae* - também denominada de *Compositae* - e seu nome científico é *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson. Na literatura científica, também é utilizado *Polymnia sonchifolia* Poepp & Endl e *Polymnia edulis* Wedd para referir-se ao yacon¹⁹.

No Brasil, o yacon foi introduzido como cultivo comercial em 1991, em Capão Bonito (SP), e atualmente continua sendo cultivada no Estado de São Paulo e em Itajaí, no Estado de Santa Catarina^{9,11,20}.

Devido a seu alto teor de água, nos mercados andinos, o yacon é classificado como fruta, tem um agradável e ligeiro sabor doce^{10,21}. No Equador, ele é consumido cru, como uma fruta. Na Bolívia, a raiz do yacon é normalmente consumida por pessoas com diabetes ou distúrbios renais ou digestivos. Já no Brasil, também são utilizadas suas folhas para preparação de chá antidiabético^{4,22}.

Composição química do yacon e suas propriedades tecnológicas

Os principais constituintes do yacon são água e carboidratos, que são armazenados principalmente sob forma de inulina e FOS, entre outros açúcares livres. O elevado percentual de água - em torno de 83% a 90% - em base úmida acarreta um valor energético reduzido^{11,23}.

Estudos botânicos têm mostrado que os caules e as folhas do yacon são ricos em proteínas e compostos fenólicos, tal como cafeína, ácido clorídrico, ácido ferúlico e flavonóides, tal como a quercitina²⁴.

No yacon recém-colhido, a quantidade de FOS representa 67% da matéria seca; sua manutenção pós-colheita em refrigeração por 3 meses reduz essa quantidade para 26%, demonstrando que a composição dos frutanos pode ser modificada com o armazenamento^{11,25}.

O conteúdo dos outros macronutrientes e micronutrientes é bastante baixo: o mineral mais abundante é o potássio, que representa, em média, 230mg em 100g do produto. Em menores quantidades são encontrados cálcio, fósforo, magnésio, sódio, ferro, zinco, manganês e cobre. Entre as vitaminas estão presentes em pequenas quantidades o retinol, o caroteno, a tiamina, a riboflavina e a niacina. Também foram identificados triptofano e compostos fenólicos, cerca de 200mg em 100g da matéria fresca comestível. Além disso, o suco do yacon é rico em aminoácidos essenciais livres^{10,25}.

Com relação às propriedades tecnológicas desse tubérculo, a farinha da polpa do yacon está sendo utilizada para preparação de pães e bolos, além de ser destacada por ser rica em frutanos e ácido fenólicos, apresentando efeito prebiótico e antioxidante, respectivamente^{10,26}.

Alguns estudos relatam que o yacon tem efeito favorável na diminuição do teor de glicose no sangue, e devido a essas propriedades antidiabéticas seu consumo aumentou nos últimos anos^{9,27}.

Alguns mecanismos de ação do yacon sobre o metabolismo dos carboidratos já foram elucidados, a saber: possível aumento da insulina através da estimulação da célula β -pancreática; resistência aos hormônios que aumentam a taxa de liberação de glicose; aumento do número de receptores sensíveis à insulina; diminuição da degradação do glicogênio; aumento da absorção da glicose pelos tecidos e organismos, e redução da absorção intestinal de glicose²⁴.

É importante ressaltar que, durante o descascamento, o yacon sofre rápido escurecimento, uma vez que tem sido reportado como uma boa fonte de enzimas fenol oxidase, a qual catalisa a oxigenação de compostos fenólicos que, após polimerização, apresentam os típicos pigmentos marrons ou pretos, conhecidos da oxidação enzimática de vegetais²¹.

Yacon e o diabetes *Mellitus*

O DM é uma doença crônica endócrina caracterizada por elevada taxa de glicose sanguínea

(hiperglicemia), devido à falta de insulina ou à incapacidade da insulina em exercer adequadamente seus efeitos nos tecidos alvos²⁸. De acordo com as Diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes, estimava-se que existissem 30 milhões de adultos com diabetes *Mellitus* no mundo; esse número cresceu para 135 milhões em 1995, atingindo 173 milhões em 2002, com projeção de chegar a 300 milhões no ano 2030. Cerca de dois terços desses indivíduos com DM vivem nos países em desenvolvimento.

O principal objetivo do autocontrole nutricional é auxiliar as pessoas com diabetes a manter a glicemia o mais próximo possível do valor normal, por meio de uma dieta balanceada, medicamentos e exercícios físicos. O aspecto mais relevante de um plano alimentar para o bom controle glicêmico é a consistência, tanto em relação ao horário das refeições e dos tipos de alimentos como, particularmente, em relação à ingestão de carboidratos e fibras. Essas medidas contribuem para redução dos riscos de hipo e hiperglicemia²⁹.

Há evidências de que a fibra solúvel contribua para a diminuição da concentração sérica de glicose e insulina pós-prandial, por aumentar a viscosidade do conteúdo de nutrientes no intestino delgado, o que retarda a liberação da glicose, ligação da glicose com a fibra, diminuindo, assim, sua disponibilidade para absorção e inibição da ação da amilase sobre o amido³⁰. Inulina e FOS, presentes no yacon, são bons agentes formadores de gel e como tal influenciam a absorção dos macronutrientes, em especial dos carboidratos, retardando o esvaziamento gástrico e/ou diminuindo o tempo de trânsito no intestino delgado³¹.

Em 1950, o uso de plantas com altos teores de inulina já era recomendado na alimentação destinada para diabéticos, e, mais recentemente, tem sido comprovada a propriedade da inulina de atuar na composição da microbiota do cólon, proporcionando benefícios à saúde humana. Outro fator que torna o yacon potencialmente benéfico na dieta para diabéticos é que essa raiz possui quantidade abundante de frutanos (inulina e FOS) e carência de amido¹¹.

Além do uso da inulina e seus derivados em funções tecnológicas, é importante destacar seus benefícios à saúde: o primeiro deles é sua função como fibra dietética, com os efeitos fisiológicos atribuídos a esse tipo de composto, como diminuição dos níveis lipídicos e de glicose no sangue e seu efeito laxante. Outro efeito comprovado é a capacidade de a inulina modular a flora intestinal devido ao seu efeito prebiótico¹².

Estudos realizados nos últimos anos têm verificado que o extrato de folhas de yacon promove proteção contra radicais livres, sendo, portanto, um candidato à prevenção e ao tratamento de doenças crônicas envolvendo estresse oxidativo, particularmente diabetes³².

O mecanismo pelo qual ocorre o controle da glicose pelo consumo de yacon ainda não está claramente evidenciado. Uma das possíveis explicações é que o yacon armazena reservas não na forma de amido, e sim em açúcares do tipo FOS, o qual, por ser rico em fibras solúveis, torna a absorção da glicose mais lenta, caracterizando-o como tratamento complementar.

Acredita-se que o consumo de fibras do tipo solúvel estaria relacionado ao aumento da viscosidade do bolo alimentar e ao consequente retardo na digestão e absorção de carboidratos, diminuindo a hiperglicemia pós-prandial precoce e o risco de hipoglicemia reacional³³.

Efeitos sobre índice glicêmico e carga glicêmica

Segundo Lajolo & Menezes⁷, alimentos que contêm carboidratos lentamente digeridos têm mostrado eficácia no controle da saciedade, resistência à insulina, e nos níveis plasmáticos de glicose e insulina. Indicadores como o índice glicêmico e a carga glicêmica foram criados para avaliar a velocidade de hidrólise do amido e verificar sua possível utilidade para prever a resposta glicêmica³⁴.

O recente informe da Organização Mundial da Saúde, para prevenção de doenças crônicas não

transmissíveis conclui que dieta de baixo Índice Glicêmico (IG) e baixa Carga Glicêmica (CG) tem benefícios sobre vários aspectos metabólicos e fisiológicos envolvidos nas doenças crônicas não transmissíveis, como é o caso do diabetes³⁵.

No entanto, vale salientar que ambos os indicadores não podem ser considerados isoladamente na avaliação e na escolha dos alimentos, pois inúmeros fatores nutricionais devem ser considerados, entre eles a quantidade de carboidratos, tipo de açúcar (glicose, frutose, sacarose, lactose), teor de amilose e amilopectina, amido resistente, cocção e processamento, tamanho das partículas, outros constituintes do alimento, como gorduras e interações amido-proteína e amido-lípido^{16,36}.

Aybar *et al.*⁴ investigaram o efeito do extrato aquoso das folhas de yacon em ratos normais, hiperglicêmicos e diabéticos induzido por estreptozotocina na dose de 35mg/kg durante 30 dias. Os resultados revelaram que uma única administração intraperitoneal ou via tubo gástrico de chá a 10%, preparado pela decoção das folhas de yacon, causou um decréscimo nos níveis de glicose plasmática nos ratos normais, devido a um aumento na produção de insulina.

Esses resultados também foram semelhantes ao encontrado por Baroni *et al.*²⁴, que observaram que a administração oral de doses de 400mg/kg de yacon obtido de uma extração hidroetanólica, por 14 dias, mostrou uma redução significativa nos níveis de glicose sanguínea em ratos diabéticos (59%) e em ratos não diabéticos (28%). De acordo com esses resultados, a inibição dessa ação pode ser atribuída ao fato de essa planta induzir um aumento na concentração da insulina no plasma.

É importante enfatizar que o efeito do extrato na glicemia de ratos foi só observado após 14 dias de tratamento, indicando que a atividade das substâncias requerem um certo período de tempo para alcançar efetiva concentração no organismo²⁴.

Resultados contraditórios foram encontrados por Valpato *et al.*³⁶, que avaliaram, por 40 dias, ratos

com diabetes induzido, realizada por meio da injeção intravenosa de estreptozotocina na dose de 40mg/kg, que leva a um estado diabético grave, com destruição de praticamente todas as células α -pancreáticas, fazendo com que o extrato da planta não apresentasse efeito, isto é, o tratamento com o extrato não foi benéfico para as ratas diabéticas, como também não foi prejudicial para os animais não diabéticos.

Silvia³ realizou análise do índice glicêmico em mulheres voluntárias, com diabetes, após o consumo de yacon *in natura*, yacon desidratada e pão de yacon, e observou baixas respostas glicêmicas nos dois primeiros produtos; o pão da yacon apresentou faixas intermediárias de glicemia. A amostra do yacon *in natura* (250g de yacon) causou queda na glicemia após 30 minutos do consumo. A amostra da yacon desidratada reduziu a glicemia lentamente após 1 e 2 horas de tratamento, com uma queda máxima nos níveis glicêmicos após 2 horas de tratamento.

O pão, um dos alimentos mais restritos ao público diabético, vem sendo alvo da adição de ingredientes bioativos. Pesquisas utilizando yacon em pães apresentaram valores de índice glicêmico semelhante ao pão branco, no entanto o pão com adição de 25% de yacon mostrou pico glicêmico após 45 minutos de tratamento, diferenciando-se apenas com o rápido decréscimo da glicemia, quase chegando aos níveis basais 1 hora e 30 minutos após a ingestão do alimento, tendo o pão branco demorado mais para ter a glicose reduzida³.

A indústria de panificação tem investido na tecnologia de alimentos ao elaborar produtos a partir de matérias-primas não convencionais, como o yacon, tendo um perfil nutricional em média de 65% de carboidrato, 8g de proteínas, pobre em lipídeos (0,52g) e rico teor de fibra alimentar (3,6g). Ao considerar essas características, esses produtos apresentaram-se como alternativas alimentares de excelente valor nutritivo e funcional³.

Dessa forma, o yacon, que é riquíssimo nesses dois ingredientes, está sendo utilizado em formu-

lações alimentares para portadores de diabetes, sobretudo em alimentos bastante consumidos por esses indivíduos, como o bolo e o pão. Moscato *et al.*²⁰ desenvolveram um bolo de chocolate com inulina e/ou farinha de yacon e observaram que são dois nutrientes com propriedades químicas, físicas, preferência e estabilidade de armazenamento comparáveis à formulação de bolo padrão para bolo de chocolate.

Em um estudo realizado por Ribeiro¹¹, foi observado que as dietas contendo farinha da polpa do yacon mostraram redução no índice glicêmico. Esses resultados confirmam a presença de substâncias no yacon consideradas fibras solúveis, às quais vem sendo atribuído o efeito na redução da velocidade de absorção da glicose, tanto devido ao retardo no esvaziamento gástrico como em decorrência da adsorção e interação com os nutrientes, conferindo uma menor superfície de contato direto com a parede do intestino delgado.

Dessa forma, o índice glicêmico dos alimentos poderá ser um dos parâmetros mais utilizados para orientar a escolha alimentar adequada de indivíduos diabéticos, que deve partir do resultado da medição de um grupo relativamente grande de indivíduos e considerar a intra e intervariação, juntamente com outros indicadores nutricionais³⁷.

Fibra alimentar versus paciente diabético

Segundo as *Dietary References Intakes* (DRI), a ingestão dietética de referência para fibra alimentar é de 19 a 38g por dia. Adicionalmente, a *Food and Drug Administration* (FDA) recomenda que do total de fibras a ser consumido diariamente, a proporção adequada seja de 70% a 75% de fibras insolúveis e 20% a 25% de fibras solúveis³⁸.

Ribeiro¹¹, em seu estudo, encontrou um percentual de fibra alimentar na polpa do yacon de 1,31%, na farinha da polpa de yacon de 11,79, na casca do yacon de 9,68 e na farinha da casca do

yacon de 38,56. Já o conteúdo de fibras alimentares solúveis e insolúveis esteve em maior concentração na farinha da casca do yacon, com 5,10% e 35,28%, respectivamente. Na polpa do yacon, foi encontrado um percentual de fibra solúvel de 0,18% e insolúvel de 1,12%.

No entanto, de acordo com a mais recente atualização científica da Food Agriculture Organization, os frutanos, sobretudo inulina e FOS, não podem ser classificados como fibra alimentar, tendo em vista que a definição atual considera fibra apenas os polissacarídeos presentes na parede celular dos vegetais (celulose, hemicelulose, lignina, pectina, betaglu-canas e gomas). No entanto, os frutanos têm propriedades fisiológicas e funcionais semelhantes à da fração fibra³⁹.

Estudos que avaliaram o efeito hipoglicêmico do yacon estão apresentados na Quadro 1.

CONCLUSÃO

Ao longo deste estudo, pôde-se constatar, por meio da pesquisa bibliográfica, que os frutanos (inulina e FOS) presentes no yacon atuam de forma favorável no controle da glicemia em pacientes diabéticos.

Essas constatações apontam para utilização do yacon como coadjuvante alimentar, agregando valor nutricional ao produto. Entretanto, são necessários ensaios analíticos com métodos instrumentais para determinar as frações dos frutanos na matéria-prima e nos produtos, como também mais estudos que evidenciem sua ação hipoglicemiante em humanos.

Apesar de ser um alimento de grande interesse para a indústria alimentícia, devido às propriedades tecnológicas e funcionais, sobretudo em pacientes diabéticos, ainda há poucos estudos com o yacon.

Quadro 1. Estudos realizados entre 2000 e 2010, avaliando efeitos hipoglicêmicos do yacon.

Autor	Ano	Tipo de estudo	Objetivo	Resultados
Aybar <i>et al.</i> ⁴¹	2001	Experimental em ratos	Efeito hipoglicêmico de extrato aquoso de yacon em ratos normais e diabéticos e com uso de hipoglicemiantes	10% de yacon produziram redução dos níveis de glicose em ratos normais após 30 dias de infusão
Reis <i>et al.</i> ⁴²	2006	Experimental em ratos	Investigar o efeito do uso dos extratos foliares do Yacon como coadjuvante no tratamento do diabetes	A raiz exerceu um efeito estabilizador da glicemia sanguínea
Baroni <i>et al.</i> ²⁴	2008	Experimental em ratos	Efeito dos extratos brutos da folha de yacon na glicemia dos ratos diabéticos e não diabéticos	A efetividade do extrato do yacon está relacionada ao método de preparação do extrato e ao tempo de tratamento dos animais, sendo mais eficaz após os 14 dias de tratamento e utilização do extrato hidro-alcoólico
Santana & Cardoso ¹⁰	2008	Revisão de Literatura	Identificar os aspectos da taxonomia, formas e utilizações do cultivo, características botânicas, composição química antes e após a colheita do Yacon	Efeitos favoráveis à saúde, como: alívio da constipação, aumento da absorção de minerais, fortalecimento do sistema imunológico, prevenção do câncer de colo de útero. Implementações de técnicas e processos para que a raiz apresente característica que torne seu consumo mais atrativo e popular
Oliveira <i>et al.</i> ⁴³	2009	Experimental em ratos	Avaliar a resposta glicêmica da raiz de yacon em ratos diabéticos e não diabéticos	O efeito hipoglicemiante da solução de yacon foi verificado apenas nos grupos de animais diabéticos quando avaliados ambos os sexos ou os machos separadamente

REFERÊNCIAS

1. Vilhena SMC, Câmara FL, Kadihara ST. O cultivo do yacon no Brasil. *Hortic Bras.* 2000; 18(1):5-8.
2. Meier R, Lochs H. Pre-and probiotics. *Ther Umsch (Therapeutische Umschau)*. *Rev Ther.* 2007; 3(64):161-9.
3. Silva ASS. A raiz da yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepping & Endlicher) como fonte de fibras alimentares, sua caracterização físico-química, uso na panificação e sua influência na glicemia pós-prandial [tese]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2007.
4. Aybar MJ, Sánchez Riera AN, Grau A, Sánchez SS. Hypoglycemic effect of the water extract of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) leaves in normal and diabetic rats. *J Ethnopharmacol.* 2001; 74(2):33-7.
5. Maia FFR, Araújo LR. Projeto "Diabetes Weekend": proposta de educação em diabetes *Mellitus* Tipo 1. *Arq Bras Endocrinol Metabol.* 2002; 5(46):566-73.
6. Boeno ACO Santarem ER. Embriogênese somática em yacón (*Smallanthus sonchifolius*). *Anais do IV Encontro Latinoamericano de Biotecnologia Vegetal*, 2001; Goiânia. Resumos.
7. Lajolo FM, Menezes, EW. Carbohidratos em alimentos regionais iberoamericanos. São Paulo: Edusp; 2006.
8. Haully MCO, Moscatto JA. Inulina e oligofrutoses: uma revisão sobre propriedades funcionais, efeito prebiótico e importância na indústria de alimentos. *Seminário: Ciênc Exat Tecnol.* 2002; 1(23):105-18.
9. Oliveira MA, Nishimoto EK. Avaliação do desenvolvimento de plantas de yacon (*Polymnia sonchifolia*) e caracterização dos carboidratos de reservas em HPLC. *Brazil J Food Technol.* 2004; 7(2):215-20.
10. Santana I, Cardoso MH. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. *Ciênc Rural.* 2008; 2(38):898-905.
11. Ribeiro JA. Estudo químico e bioquímico do yacon (*Smallanthus sonchifolius*) "in natura" e processado e influência do seu consumo sobre níveis glicêmicos e lipídeos fecais de ratos [dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2008.
12. Madrigal L Sangronis E. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *ALAN.* 2007; 57(4):387-96.
13. Bortolozzo EQ, Quadros MHR. Aplicação de inulina e sucralose em iogurte. *Rev Bras Tecnol Agroind.* 2007; 1(1):37-47.
14. Passos LML PARK YK. Frutooligossacarídeos: implicações na saúde humana e utilização em alimentos. *Ciênc Rural.* 2003; 2(33):385-90.
15. Guven M, Yasar K, Karaca OB, Hayaloglu AA. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. *Int J Dairy Technol.* 2005; 3(58):180-4.
16. Hennelly PJ, Dunne PG, O'Sullivan M, O'Riordan, ED. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *J Food.* 2006; 3(75):388-95.
17. Gel-Nagar, Clowes G, Tudoricã CM Kuri V. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *Int J Dairy Technol.* 55(2):89-93.
18. Duarte MR, Wolf S, Paula BG. *Smallanthus sonchifolius* (Poepp.) H. Rob. (yacón): identificação microscópica de folha e caule para o controle de qualidade farmacognóstico. *Rev Bras Ciênc Farm.* 2008; 44(1):157-64.
19. Manrique I, Párraga A. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos Andinos: una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). *Jarabe de yacón: principios y procesamiento*. Lima: Centro Internacional de La Papa; 2005.
20. Moscatto JA, Prudêncio-Ferreira SH, Haully MCO, Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. *Ciênc Tecnol Aliment.* 2004; 24(4):634-40.
21. Valentová K, Ulrichová J. *Smallanthus sonchifolius* and *Lepidium meyenii*: prospective Andean crops for the prevention of chronic diseases. *Biomed Pap, Med Fac Uni Palacky Olomouc Czech Republic.* 2003; 2(147):119-30.
22. Silvina M. Producción y comercialización de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) em comunidades rurales del Noroeste Argentino. *Agroalimentaria.* 2008; 26(13):119-25.
23. Lachan L, Havrland B, Fernández EC, Dudjak D. Saccharides of yacon [*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] tubers and rhizomes and factors affecting their content. *Plant Soil Environ.* 2004; 9(50):383-90.
24. Baroni S, Suzuki-Kemmelmeier F, Caparroz-Assef SM, Cuman RKN, Bersani-Amado CA. Effect of crude extracts of leaves of *Smallanthus sonchifolius* (yacon) on glycemia in diabetic rats. *Rev Bras Ciênc Farm.* 2008; 3(44):521-30.
25. Ventura FC. Desenvolvimento de doce de fruta em massa funcional de valor calorico reduzido, pela combinação de goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente e acerola [dissertação]. Campinas: Unicamp; 2004.
26. Reig ALC, Arnesto JB. Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa. *Rev Cuba Aliment Nutr.* 2002; 16(1):63-8.

27. Mansilla S, Roberto C, Lopez B, Blas R, Chia J, Baudoin J. Análisis de la variabilidad molecular de una colección peruana de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp & Endl) H. Robinson "Yacón". *Ecol Apl*. 2006; 5(1-2):75-80.
28. Vancini RL, Lira CLB. Aspectos gerais do diabetes mellitus e exercício. Centro de estudos de fisiologia do exercício. São Paulo: Unesp; 2004.
29. Cuppari L. Guia de nutrição: nutrição clínica no adulto. 2ª ed. Barueri: Manole; 2005.
30. Llano JLC, Ferrer MC. Importancia de la fibra dietética para la nutrición humana. *Rev Cubana Salud Publica*. 2006; 32 (4):0-0.
31. Saad SMI. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. *Rev Bras Ciênc Farm*. 2006; 42(1):1-16.
32. Volpato GT, Vieira FL, Damasceno DC, Câmara FLA, Di Stasi LC, Lemonica IP. Efeito do extrato aquoso de folhas de *Polymnia sonchifolia* (yacon) em ratas diabéticas. *Rev Bras Plantas Med*. 2007; 9(2) 88-93.
33. Silva FM, Mello VDF. Índice glicêmico e carga glicêmica no manejo do diabetes melito. *Rev HCPA*. 2006; 26(2): 73-81.
34. Sampaio HA, Silva BYC, Sabry MOD, Almeida PC. Índice glicêmico e carga glicêmica de dietas consumidas por indivíduos obesos. *Rev Nutr*. 2007; 20(6); 615-24. doi: 10.1590/S1415-52732007000600004.
35. Lajolo FM, Menezes W. Carbohidratos en alimentos regionales Iberoamericanos. São Paulo: Edusp; 2006.
36. Volpato GT, Vieira FL, Damasceno DC, Câmara FLA, Di Stasi LC, Lemonica IP. Efeito do extrato aquoso de folhas de *Polymnia sonchifolia* (yacon) em ratas diabéticas. *Rev Bras Plantas Med*. 2007; 2(9):88-93.
37. Trumbo P, Yates AA, Schlicker S, Poos M. Dietary reference intakes: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. *J Am Diet Assoc*. 2001; 101(3):294-301.
38. Guerra NB, et al. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. *Rev Nutr*. 2004; 17(1);45-52. doi: 10.1590/S1415-52732004000100005.
39. Moscatto JA, Prudêncio-Ferreira SH, Haully MCO. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. *Ciênc Tecnol Aliment*. 2004; 4(24):634-40.
40. Nishida C, Martinez Nocito F. FAO/WHO Scientific Update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. *Eur J Clin Nutr*. 2007; 61(Suppl 1): S132-S7.
41. Santana I, Cardoso MH. Raiz tuberosa de Yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. *Ciênc Rural*. 2008; 38(3):898-905.
42. Reis DM, Pardal DP, Baldissera J. Estudo experimental sobre o uso do *Smallanthus sonchifolius* na redução da hiperglicemia: uma contribuição para a qualidade de vida e saúde dos diabéticos. *Rev Cient JOPEF*. 2006; 1(5):1-5.
43. Oliveira LA, Braga Costa TM, Oliveira LRA, Ferreira JF, Navarro AM. Respostas glicêmicas de ratos diabéticos recebendo solução aquosa de yacon. *Alim Nutr*. 2009; 20(1):61-7.

Recebido em: 2/5/2011

Aprovado em: 11/10/2011