



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21) **PI 0606063-3 A**

(22) Data de Depósito: 27/12/2006  
(43) Data de Publicação: 19/08/2008  
(RPI 1963)



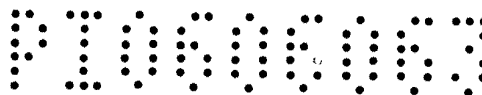
(51) *Int. Cl.:*  
**C07H 1/08 (2008.04)**  
**C07H 3/06 (2008.04)**

(54) **Título: PROCESSO DE PRODUÇÃO POR  
HIDRÓLISE ÁCIDA A PARTIR DA PLANTA DE  
PALMEIRA DE INULINA E SUBSTRATO PARA  
PLANTAS**

(71) **Depositante(s):** Fundação Estadual de Pesquisa  
Agropecuária (BR/RS), Alice Battistin (BR/RS), Maria Helena Fermino  
(BR/RS), José Ricardo Pfeifer Silveira (BR/RS), Reinaldo Simões  
Gonçalves (BR/RS), Alceu da Silva Conservas-Me (BR/RS), Fundação  
Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (BR/RS)

(72) **Inventor(es):** Reinaldo Simões Gonçalves, Alice Battistin, José  
Ricardo Pfeifer Silveira, Maria Helena Fermino

(57) **Resumo:** "PROCESSO DE PRODUÇÃO POR HIDRÓLISE ÁCIDA A PARTIR DA PLANTA DE PALMEIRA DE INULINA E SUBSTRATO PARA PLANTAS". A presente invenção descreve o processo de produção de inulina e substrato para plantas, a partir da hidrólise ácida de todas as partes da planta de palmeira, relativo a todas as espécies da família *Arecaceae* (*Palmaceae*), que envolve o cartucho, o estipe, as folhas e o próprio palmito. O processo da hidrólise ácida consistiu no ataque da estrutura hemicelulósica destas partes, por diferentes catalisadores ácidos, em diferentes pressões e temperaturas e, durante tempos variáveis. A inulina é um hidrato de carbono contendo de 10 a 60 anéis de frutose e terminando com um anel de glicose. O potencial uso deste composto se insere na indústria de alimentos e na formulação de fármacos. Os valores de inulina produzidos por este método correspondem a centenas de vezes aqueles obtidos pelo processo tradicional de extração das raízes e tubérculos de plantas. Os resíduos gerados no processo da hidrólise ácida da planta de palmeira, foram processados e testados como substratos para plantas, resultando em um material de aplicação imediata nos diferentes segmentos da agricultura e de cultivo de plantas que dependem dele.



## PROCESSO DE PRODUÇÃO POR HIDRÓLISE ÁCIDA A PARTIR DA PLANTA DE PALMEIRA DE INULINA E SUBSTRATO PARA PLANTAS

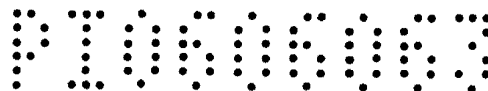
### Campo da invenção

O processo descrito refere-se à hidrólise ácida da planta de palmeira com a finalidade de produção de inulina a partir do ataque ácido da hemicelulose que constitui a estrutura química da referida planta, bem como do aproveitamento do resíduo deste processo para fins de obtenção de um material que conforme demonstrado será usado como substrato para plantas.

### Setor técnico a que se refere a invenção

A inulina produzida será aproveitada como matéria-prima na indústria de alimentos e de medicamentos. Inulina são polímeros de unidades de frutose que terminam com uma unidade de glicose. A estrutura da inulina pode conter de 10 a 60 unidades de frutose ligadas entre si. A inulina tem uma textura cremosa e induz a uma sensação no paladar como o de uma gordura. A inulina não é digerida pelas enzimas do intestino humano, daí o seu interesse comercial. A inulina pode substituir a gordura e, conseqüentemente, diminuir a quantidade calórica de muitos alimentos e medicamentos que necessitam deste aditivo na sua formulação. Existem relatos na literatura recomendando a inulina na nutrição enteral (L. Sobotka, *et al.*, Nutrition, 13, 21-25, 1997), nas dietas com fibras (I.G. Carabin, *et al.*, Regulatory Toxicology and Pharmacology, 30, 268-282, 1999), como base para direcionar drogas para o intestino (Th.F. Vandamme, *et al.*, Carbohydrate Polymers, 48, 219-231, 2002), na melhoria da qualidade do pão (J. Wang, *et al.*, Food Chemistry, 79, 221-226, 2002) e, como auxiliar na formulação de vacinas contraceptivas (P. Fuentes, *et al.*, Internat. J. of Pharmac., 257, 85-95, 2003). Além disso, é utilizada como matéria-prima para a produção de anidrido de difrutose (U. Jahnz, *et al.*, Internat. J. of Pharmac., 256, 199-206, 2003) e, como estabilizante de emulsões (Th.F. Tadros, *et al.*, Advances in Colloid and Interface Sciences, 108-109, 207-226, 2004).

Substrato para plantas é definido como o meio onde se desenvolvem as raízes em substituição ao solo *in situ* e que, portanto, serve de suporte à planta. Este deve ser sólido, ter estabilidade de estrutura, estar disponível em quantidade e constância e apresentar baixo custo de aquisição. As plantas olerícolas, florestais, frutíferas, ornamentais, medicinais, aromáticas e mesmo culturas industriais como fumo necessitam, em pelo menos algumas fases durante o seu desenvolvimento, do cultivo em recipientes (bandejas, sacos, vasos, tubetes, entre outros).



Existem referências em literatura do uso de diversos materiais componentes como esterco, fibras naturais, lixo urbano, solo, poliuretanos, aguapé, bagaço de cana, "confete" de papel (formulário contínuo), maravalha, serragem, cascas de árvores, casca de arroz e até mesmo pneu picado, têm sido analisados do ponto de vista do uso como substrato para plantas. Um dos exemplos mais recentes e de grande abrangência no país é a fibra da casca do coco. Até então se constituía num "poluente" do ambiente sendo utilizada em baixa escala pela indústria para confecção dos bancos de automóveis. A partir da determinação do potencial do material como substrato, as grandes empresas, que até então cultivavam o coqueiro para obtenção do coco e da água, passaram a implantar áreas de cultivo com o único objetivo de obter matéria-prima para as fábricas de substrato. Este substrato tem despertado interesse internacional como substituto de materiais considerados excelentes como a turfa e a fibra de xaxim. O resíduo gerado do processo de produção da inulina consiste, basicamente, da estrutura polimérica, provavelmente, da celulose restante das fibras da planta de palmeira. Este material apresenta como vantagens alta capacidade de absorção de líquidos, baixo teor salino e, totalmente esterilizada, ou seja, sem nenhum resquício de contaminantes biológicos que possam induzir à sua decomposição. Com estas características, este resíduo será aproveitado como substrato para plantas na indústria de insumos agrícolas, cujo destino é o cultivo de plantas.

### **Estado da técnica**

O processo de produção da inulina consiste na hidrólise ácida, de partes da planta de palmeira, sob pressão e temperatura controladas de modo a se obter a quebra da estrutura da hemicelulose que compõe a base química da mesma. Os resíduos de matérias vegetais podem ser considerados uma fonte abundante e renovável de produtos naturais. As plantas oriundas da biomassa constituem-se essencialmente de lignocelulose, celulose e hemicelulose (B.C.Okeke e S.K.C.Obi, *Bioresource Technology*, 47, 283-284, 1994), o conteúdo celulósico de resíduos agrícolas varia de 240 g kg<sup>-1</sup> até 390 g kg<sup>-1</sup>, ao passo que a composição em hemicelulose varia de 120 g kg<sup>-1</sup> até 417 g kg<sup>-1</sup>. A abundância destas fontes naturais tem inspirado biotecnologistas a desenvolver processos para sua utilização. Estes incluem alimentos, açúcares, produtos químicos, adubos, bem como enzimas (A.Qiabi *et al*, *Industrial Crops and Products – An international Journal*, 3, 95-102, 1994; Neureiter *et al*, *Bioresource Technology*, 92, 21-29, 2004). A hemicelulose é um polímero de pentoses (xilanos) e hexoses. Estes polímeros podem ser facilmente reduzidos a açúcares monoméricos como







uma autoclave. Para aumentar a eficiência do ataque, o cartucho (terço superior do estipe da palmeira de onde se retira o palmito), o estipe, o palmito e as folhas foram picados, de modo a aumentar a superfície de contato com a solução ácida. No entanto, este processo se deu sem qualquer controle quanto à granulação. Durante a montagem do experimento procurou-se

5 observar o recobrimento total do material vegetal com a solução de hidrólise. Esta solução de hidrólise foi preparada a partir da diluição de ácido sulfúrico concentrado em água destilada. As unidades de concentração a que se refere este processo são expressas em termos percentuais volume/volume. Uma autoclave da marca FABBE modelo 104 foi regulada para operar em 1,5 atm e 125°C. A pesagem do material vegetal ao natural e após a secagem, foi

10 feita em uma balança analítica digital da marca Sartorius modelo AL500. A secagem do material vegetal foi feita sob condições brandas a uma temperatura constante de 65°C até peso constante. Ao material vegetal seco nestas condições denominou-se "palha". Os experimentos foram feitos acomodando a palha em copos béqueres termo-resistente. Após a hidrólise procedeu-se à separação da calda, contendo os açúcares diluídos, do resto sólido

15 remanescente através da técnica de filtração. Do filtrado, tomou-se 5 mL que foi analisado com relação ao teor de glicose, frutose e inulina pela técnica de cromatografia líquida de alta performance (HPLC). Mantendo-se constantes a temperatura, a pressão e o tempo de hidrólise, observou-se que o teor de açúcares aumentava sistematicamente com o teor de ácido sulfúrico utilizado no preparo da solução de hidrólise. Este processo apresentou

20 rendimentos elevados em relação ao teor de inulina. O que diferencia este processo daqueles observados na literatura e nos bancos de patentes refere-se ao fato que neste caso trata-se de uma reação de produção de inulina e não de um procedimento extrativo da inulina natural presente nos materiais vegetais explorados. No presente processo a hemicelulose sofre o ataque ácido rompendo a estrutura polimérica em diferentes pontos, produzindo açúcares com

25 cadeias menores, como os carboidratos característicos da inulina. Neste caso, a hidrólise ácida, nas condições experimentais encontradas, está produzindo inulina.

A fibra resultante do processo de hidrólise ácida foi separada por filtração, convenientemente lavada e neutralizada para elevar o seu pH a valores próximos de 6,0. Em seguida, estas fibras foram secas a 65°C até peso constante e analisadas quanto a densidade

30 úmida e seca, porosidade total, espaço de aeração e disponibilidade/retenção de água, segundo metodologias oficiais. Para a determinação das densidades úmida e seca foi empregado o método descrito por Hoffmann, G (Verbindliche Methoden zur Untersuchung von TKS und









Os exemplos a seguir apresentam os resultados obtidos em termos de concentração de inulina produzida em gramas/litro, em função da concentração da solução ácida de ácido sulfúrico preparada conforme descrito acima. A temperatura e a pressão, bem como o tempo de hidrólise, foram mantidos constantes para evitar o acúmulo de variáveis que possam interferir no processo.

### Exemplo 1

Em um copo béquer pesou-se 49,17 gramas de palha de cartucho seca e, em seguida esta foi recoberta com 400 mL de solução de ácido sulfúrico 0,1% (v/v). Este foi encaminhado para o processo de hidrólise ácida. Finalizado o processo, a calda foi filtrada e uma pequena amostra foi enviada para análise por Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC). O resultado da análise, comparado com as curvas de calibração do equipamento, mostraram uma concentração média de 17,1792 g/L de inulina e desvio padrão ( $S^2$ ) de 0,0235. Este valor, confrontado com a massa de palha de cartucho, correspondeu a 14% de inulina produzida, ou seja, de 100gramas de palha foi possível produzir 14 gramas de inulina.

### Exemplo 2

Em um copo béquer pesou-se 43,23 gramas de palha de cartucho seca e, em seguida esta foi recoberta com 400 mL de solução de ácido sulfúrico 0,3% (v/v). Este foi encaminhado para o processo de hidrólise ácida. Finalizado o processo, a calda foi filtrada e uma pequena amostra foi enviada para análise por Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC). O resultado da análise, comparado com as curvas de calibração do equipamento, mostraram uma concentração de 24,2081 g/L de inulina e desvio padrão ( $S^2$ ) de 0,2637. Este valor, confrontado com a massa de palha de cartucho, correspondeu a 22,4% de inulina produzida, ou seja, de 100gramas de palha foi possível produzir 22,4 gramas de inulina.

### Exemplo 3

Em um copo béquer pesou-se 45,56 gramas de palha de cartucho seca e, em seguida esta foi recoberta com 400 mL de solução de ácido sulfúrico 0,5% (v/v). Este foi encaminhado para o processo de hidrólise ácida. Finalizado o processo, a calda foi filtrada e uma pequena amostra foi enviada para análise por Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC). O resultado da análise, comparado com as curvas de calibração do equipamento, mostraram uma concentração de 28,2375 g/L de inulina e desvio padrão ( $S^2$ )

de 2,1618. Este valor, confrontado com a massa de palha de cartucho, correspondeu a 24,8% de inulina produzida, ou seja, de 100gramas de palha foi possível produzir 24,8 gramas de inulina.

#### Exemplo 4

5 Em um copo béquer pesou-se 49,77 gramas de palha de cartucho seca e, em seguida esta foi recoberta com **400 mL de solução de ácido sulfúrico 0,7% (v/v)**. Este foi encaminhado para o processo de hidrólise ácida. Finalizado o processo, a calda foi filtrada e uma pequena amostra foi enviada para análise por Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC). O resultado da análise, comparado com as curvas de calibração do  
10 equipamento, mostraram uma concentração de **28,1093 g/L de inulina** e desvio padrão ( $S^2$ ) de 2,9346. Este valor, confrontado com a massa de palha de cartucho, correspondeu a 22,6% de inulina produzida, ou seja, de 100gramas de palha foi possível produzir 22,6 gramas de inulina.

#### Exemplo 5

15 Em um copo béquer pesou-se 47,90 gramas de palha de cartucho seca e, em seguida esta foi recoberta com **400 mL de solução de ácido sulfúrico 0,9% (v/v)**. Este foi encaminhado para o processo de hidrólise ácida. Finalizado o processo, a calda foi filtrada e uma pequena amostra foi enviada para análise por Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC). O resultado da análise, comparado com as curvas de calibração do  
20 equipamento, mostraram uma concentração de **32,0834 g/L de inulina** e desvio padrão ( $S^2$ ) de 1,6356. Este valor, confrontado com a massa de palha de cartucho, correspondeu a 26,8% de inulina produzida, ou seja, de 100gramas de palha foi possível produzir 26,8 gramas de inulina.

#### Exemplo 6

25 Em um copo béquer pesou-se 30,63 gramas de palha de cartucho seca e, em seguida esta foi recoberta com **400 mL de solução de ácido sulfúrico 1,0% (v/v)**. Este foi encaminhado para o processo de hidrólise ácida. Finalizado o processo, a calda foi filtrada e uma pequena amostra foi enviada para análise por Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC). O resultado da análise, comparado com as curvas de calibração do  
30 equipamento, mostraram uma concentração de **20,6507 g/L de inulina** e desvio padrão ( $S^2$ ) de 2,0281. Este valor, confrontado com a massa de palha de cartucho, correspondeu a 27,0%

de inulina produzida, ou seja, de 100gramas de palha foi possível produzir 27,0 gramas de inulina.

#### **Exemplo 7**

Em um copo béquer pesou-se 28,95 gramas de palha de cartucho seca e, em seguida esta foi recoberta com **400 mL de solução de ácido sulfúrico 2,0% (v/v)**. Este foi encaminhado para o processo de hidrólise ácida. Finalizado o processo, a calda foi filtrada e uma pequena amostra foi enviada para análise por Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC). O resultado da análise, comparado com as curvas de calibração do equipamento, mostraram uma concentração de **60,0171 g/L de inulina** e desvio padrão ( $S^2$ ) de 0,4248. Este valor, confrontado com a massa de palha de cartucho, correspondeu a 83,0% de inulina produzida, ou seja, de 100gramas de palha foi possível produzir 83,0 gramas de inulina.

#### **Exemplo 8**

Em um copo béquer pesou-se 41,25 gramas de palha de cartucho seca e, em seguida esta foi recoberta com **400 mL de solução de ácido sulfúrico 3,0% (v/v)**. Este foi encaminhado para o processo de hidrólise ácida. Finalizado o processo, a calda foi filtrada e uma pequena amostra foi enviada para análise por Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC). O resultado da análise, comparado com as curvas de calibração do equipamento, mostraram uma concentração de **84,0995 g/L de inulina** e desvio padrão ( $S^2$ ) de 3,8973. Este valor, confrontado com a massa de palha de cartucho, correspondeu a 81,6% de inulina produzida, ou seja, de 100gramas de palha foi possível produzir 81,6 gramas de inulina.

Os exemplos a seguir apresentam os resultados obtidos em termos de características físicas de substrato para plantas obtidos a partir dos resíduos gerados no processo anterior.

#### **Exemplo 9**

Análise física da fibra de palmeira composta por cartucho, após sofrer hidrólise ácida, resultou em densidade seca  $136\text{kg m}^{-3}$ , em porosidade total de  $0,85\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , espaço de aeração de  $0,57\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , e capacidade de retenção de água a 0,1 kPa de  $0,28 \text{m}^3 \text{m}^{-3}$ .

#### **Exemplo 10**

Análise física da fibra de palmeira composta por estipe, após sofrer hidrólise ácida, resultou em densidade seca  $139\text{kg m}^{-3}$ , em porosidade total de  $0,85\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , espaço de aeração de  $0,48\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , e capacidade de retenção de água a 0,1 kPa de  $0,37 \text{m}^3 \text{m}^{-3}$ .

**Exemplo 11**

Análise física da fibra de palmeira composta por folha, após sofrer hidrólise ácida, resultou em densidade seca  $143\text{kg m}^{-3}$ , em porosidade total de  $0,87\text{m}^3\text{ m}^{-3}$ , espaço de aeração de  $0,61\text{m}^3\text{ m}^{-3}$ , e capacidade de retenção de água a  $0,1\text{ kPa}$  de  $0,26\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ .

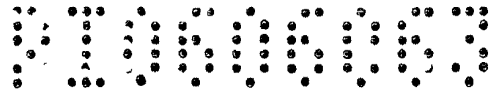
**5 Exemplo 12**

Análise física da fibra de palmeira composta por estipe, folha e cartucho, após sofrer hidrólise ácida, resultou em densidade seca  $47\text{kg m}^{-3}$ , em porosidade total de  $0,85\text{m}^3\text{ m}^{-3}$ , espaço de aeração de  $0,53\text{m}^3\text{ m}^{-3}$ , e capacidade de retenção de água a  $0,1\text{ kPa}$  de  $0,32\text{ m}^3\text{ m}^{-3}$ .

**Reivindicações**

**1. PROCESSO DE PRODUÇÃO POR HIDRÓLISE ÁCIDA A PARTIR DA PLANTA DE PALMEIRA DE INULINA E SUBSTRATO PARA PLANTAS** caracterizado por todas as partes da planta da palmeira da família *Arecaceae* (*Palmaceae*)  
5 utilizando-se todos os ácidos inorgânicos conhecidos como ácido sulfúrico, ácido clorídrico, ácido fosfórico, ácido perclórico e ácido nítrico, como catalisadores na faixa de concentração de 0,1% (v/v) a 10% (v/v); pressão de 1,0 a 2,0 atmosferas; de temperatura de 50°C a 200°C; durante o intervalo de tempo de 10 a 120 minutos de hidrólise.

**2. PROCESSO DE PRODUÇÃO POR HIDRÓLISE ÁCIDA A PARTIR DA PLANTA DE PALMEIRA DE INULINA E SUBSTRATO PARA PLANTAS**  
10 de acordo a reivindicação 1, caracterizado por produção de substrato a partir do resíduo gerado na produção de inulina constituído de material celulósico não hidrolisado.



## Resumo

### PROCESSO DE PRODUÇÃO POR HIDRÓLISE ÁCIDA A PARTIR DA PLANTA DE PALMEIRA DE INULINA E SUBSTRATO PARA PLANTAS

A presente invenção descreve o processo de produção de inulina e substrato para plantas, a partir da hidrólise ácida de todas as partes da planta de palmeira, relativo a todas as espécies da família *Arecaceae* (*Palmaceae*), que envolve o cartucho, o estipe, as folhas e o próprio palmito. O processo da hidrólise ácida consistiu no ataque da estrutura hemicelulósica destas partes, por diferentes catalisadores ácidos, em diferentes pressões e temperaturas e, durante tempos variáveis. A inulina é um hidrato de carbono contendo de 10 a 60 anéis de frutose e terminando com um anel de glicose. O potencial uso deste composto se insere na indústria de alimentos e na formulação de fármacos. Os valores de inulina produzidos por este método correspondem a centenas de vezes aqueles obtidos pelo processo tradicional de extração das raízes e tubérculos de plantas. Os resíduos gerados no processo da hidrólise ácida da planta de palmeira, foram processados e testados como substratos para plantas, resultando em um material de aplicação imediata nos diferentes segmentos da agricultura e de cultivo de plantas que dependem dele.