



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 00932**

(22) Data de depozit: **03/12/2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/12/2017** BOPI nr. **12/2017**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2013 BOPI nr. **11/2013**

(73) Titular:
• **SUNSHINE BUSINESS SERV S.R.L.**,
*STR. CIMITIRULUI NR. 9, ANINOASA, DB,
RO*

(72) Inventatori:
• **OANCEA FLORIN**, *STR.PAȘCANI NR.5,
BL.D 7, SC.E, ET.2, AP.45, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;*

• **ROȘU LAURENȚIU**, *STR. CIMITIRULUI
NR. 9, ANINOASA, DB, RO;*
• **ȘTEFĂNESCU BOGDAN MIHAIL**,
*STR. DRUMUL SĂRII NR. 63, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO*

(56) Documente din stadiul tehnicii:
GB 659501; US 4277563

(54) **PROCEDEU PENTRU PRODUCEREA SIROPULUI
DE FRUCTOZĂ, HRANĂ PENTRU ALBINE**



RO 129001 B1

1 Această invenție se referă la un procedeu de producere a siropului de fructoză, din
2 inulină acumulată în organele de depozitare ale unor plante ca topinamburul, *Helianthus*
3 *anuus*, dalia, *Dahlia spp.*, cicoarea, *Cichorium intybus*, și care este destinat pentru suplimentarea
4 hranei pentru albine, în timpul iernii și în perioadele lipsite de cules.

5 Sunt cunoscute diverse procedee de obținere a fructozei din inulină acumulată în
6 organele de depozitare ale unor plante. Brevetul **GB 659501** se referă la un procedeu de
7 obținere a fructozei din material vegetal care conține inulină, liber de inulază, obținut prin
8 încălzirea materialului vegetal la 80°C, extracția cu apă în contracurent până la atingerea
9 unei concentrații de 18% inulină, adăugarea de substanțe alcaline pentru creșterea pH-ului
10 până la 10...11, cristalizarea inulinei și hidroliza ei ulterioară prin procedee cunoscute. Pentru
11 a reduce pierderile de carbohidrați în cursul procesului de obținere a fructozei din tuberculi
12 de topinambur, brevetul **RU 2218061** propune un procedeu care include electro-plasmoliza
13 tuberculilor de topinambur tocați, separarea sucului cu inulină de pulpa epuizată prin pre-
14 sare, hidroliza inulinei cu acid orto-fosforic, purificarea sucului cu cărbune activ, clarificarea
15 cu lapte de var și concentrarea siropului până la 50% fructoză.

16 Hidroliza acidă determină însă formarea unor compuși de deshidratare ai carbohi-
17 draților, ca de exemplu 5-metil-furfuralul, care reduc puterea de îndulcire a siropului de
18 fructoză și care sunt toxici pentru albine (**Barker, 1977, Amer. Bee J. 117:76-77**).

19 Procedeele enzimatică de hidroliză a inulinei se desfășoară la temperaturi mai scă-
20 zute și la un pH ușor acid - neutru, deci este evitată formarea compușilor de deshidratare a
21 carbohidraților. Brevetul **SUA 4277563** descrie un procedeu de hidroliză enzimatică a
22 inulinei, cu utilizarea inulazei în soluție apoasă, urmată de recuperarea fructozei cristaline
23 din soluția apoasă. Se obține un produs de puritate avansată, dar atât consumurile de
24 enzimă utilizată liberă în soluție, cât și consumurile energetice necesare pentru cristalizarea
25 fructozei, fiind un compus cu mare solubilitate în apă, sunt ridicate.

26 Cererea de brevet **CN 101845470** prezintă un procedeu de hidroliză a inulinei cu
27 enzime imobilizate, prin care se obține un sirop cu un conținut ridicat de fructoză. Se reduce
28 consumul de enzimă, care poate fi refolosită la mai multe cicluri de hidroliză, și se reduce con-
29 sumurile energetice evitându-se cristalizarea fructozei. În majoritatea aplicațiilor industriale,
30 inclusiv pentru hrănirea albinelor, fructoza se utilizează ca sirop. Așadar, comercializarea
31 fructozei sub formă de sirop nu reprezintă un dezavantaj, ci dimpotrivă, este preferată
32 datorită ușurinței în utilizare.

33 Procedeu prezentat de cererea de brevet **CN 101845470** determină și formarea de
34 fructo-oligozaharide. Fructo-oligozaharidele au o acțiune prebiotică, stimulând dezvoltarea
35 bacteriilor probiotice (**Sangeetha et al., 2005, Trends Food Sci. Tech., 16:442-457**)
36 benefice pentru sănătatea omului, deci prezența unor astfel de compuși în siropul de fructoză
37 destinat consumului uman nu reprezintă un dezavantaj, ci un avantaj competitiv pentru
38 produs, care poate fi comunicat consumatorilor și ca un produs prebiotic.

39 În cazul siropurilor de fructoză destinate hranei albinelor, este însă necesar ca fructo-
40 oligozaharidele să se regăsească în cantitate cât mai mică. Concentrația în care fructo-oligo-
41 zaharidele se regăsesc în miere, și care susține dezvoltarea unor bacterii probiotice benefice
42 este de maximum 58 mg/kg sau 0,058 mg/g (**Mei et al., 2010, Int. Food Res. J.,**
43 **17:557-561**). O cantitate mai ridicată de fructo-oligozaharide, în special din cele cu 3 și mai
44 mult resturi de fructoză, reprezintă un indicator de falsificare a mierii cu sirop de fructoză obți-
45 nut din inulină (**Ruiz-Matute et al., 2010, J. Food Compos. Anal. 23: 273-276**). Siropurile
46 de fructoză folosite pentru hrana albinelor trebuie să aibă concentrații foarte scăzute de
47 oligo-fructozaharide, pentru a evita posibile probleme legate de suspiciuni privind falsificarea
48 mierii, care pot apărea ca rezultat la transferul fructo-oligozaharidelor de către albine din
49 hrana de substituție în mierea care ulterior este comercializată.

RO 129001 B1

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este de a realiza, din material vegetal care conține inulină, un sirop de fructoză în care fructo-oligozaharidele se regăsesc în concentrații mai mici decât cele prezente în mod natural în miere.	1 3
Soluția la problema tehnică o reprezintă un procedeu de hidroliză a inulinei pe un sistem catalitic dublu, care include o hidroliză parțială a inulinei din suc obținut din material vegetal, pentru a permite formarea de fructo-oligozaharide, care apoi sunt separate de proteine și alți biopolimeri prin ultrafiltrare tangențială, urmată de hidroliza fructo-oligozaharidelor separate prin trecere pe o coloană care conține inulază immobilizată pe o rețea de nanofire polimerice.	5 7 9
Procedeu conform invenției este alcătuit din următoarele etape:	
- tocarea tuberculilor de topinambur, de dalie sau a rădăcinii de cicoare, și amestecarea materialului vegetal tocat cu apă, în proporție de 1:1;	11
- omogenizarea într-un omogenizator cu piston la înaltă presiune, două cicluri la 50 MPa;	13
- separarea prin filtrare a materialului lignocelulozic nesolubilizat de soluția care include componentele hidrosolubile din materialul vegetal, inclusiv inulina;	15
- hidroliza inulinei din soluție prin adăugarea unei inulaze și separarea prin ultrafiltrare tangențială a fructo-oligozaharidelor de proteine și ceilalți biopolimeri din soluție;	17
- hidroliza fructo-oligozaharidelor din permeat pe o coloană care conține inulază immobilizată pe o rețea de nanofire polimerice.	19
Aspecte preferate în realizarea procedurii sunt:	21
- hidroliza inulinei se realizează cu un amestec de exoinulază (EC 3.2.1.80) și endoinulinază (EC 3.2.1.7) din <i>Apergillus niger</i> , 1 g de enzimă cu o activitate de 2000 INU/g, aplicată într-o doză de 1 g la 1 l soluție de compuși solubili din material inulinic, cu 7,5% s.u. determinată refractometric, timp de 4 h la pH 4,6 și la temperatura de 50°C;	23 25
- ultrafiltrarea, pentru separarea fructo-oligozaharidelor de proteine și ceilalți biopolimeri din soluție, pe o membrană cu limită de excludere de 1 kDa, continuată până la atingerea unei concentrații de 8% fructo-oligozaharide în permeat;	27
- hidroliza oligozaharidelor din permeat pe o coloană care conține un amestec de exoinulază (EC 3.2.1.80) și endoinulinază (EC 3.2.1.7) din <i>Apergillus niger</i> , immobilizate pe o rețea de nanofire polimerice, la o activitate de 500 INU/ml de suport cromatografic, la temperatura de 45°C și la pH 5,5 și un debit de 5 ml/min pe o coloană de 250 ml.	29 31
Rețeaua de nanofire polimerice în care este immobilizată inulaza este, de exemplu, o rețea de nanofire/nanotuburi de polipirol, distanțată de spumă poliuretanică acoperită cu tuburi de nanocarbon. Rețeaua de nano-fibre este fabricată prin folosirea abordării sintezei bazate pe membrane ca nano-matriță pentru formarea nanomaterialelor, iar spuma de poliuretan acoperită cu tuburi de nanocarbon se prepară prin metoda strat-peste-strat ("layer-by-layer"), formându-se un material cu un raport specific suprafață/volum foarte mare. Rețeaua de nanofire este omogenizată cu spumă poliuretanică acoperită cu tuburi de nanocarbon, în raport egal, 1 parte la 1 parte, în 4 părți tampon citrat pH 5,5, prin sonicare cu 100 W timp de 15 min. O astfel de structură cu o foarte mare suprafață permite realizarea unei încărcări ridicate cu inulază a suportului și asigură o hidroliză totală a fructo-oligozaharidelor la fructoză.	33 35 37 39 41 43
Prezenta invenție prezintă următoarele avantaje:	
- asigură formarea unui sirop de fructoză cu o mare valoare nutritivă pentru albine, fără compuși de deshidratare ai carbohidraților toxici pentru albine și cu un conținut de fructo-oligozaharide în limita celui prezent în mod natural în miere;	45 47

RO 129001 B1

1 - reduce pierderile de inulină în pulpa epuizată, inulina endocelulară fiind regăsită
total în sucul rezultat după omogenizarea la înaltă presiune, care lizează în totalitate celulele
3 vegetale;

- permite separarea proteinelor din materialul vegetal, care apoi pot fi prelucrate ca
5 furaj pentru albine sau alte animale.

Invenția se ilustrează prin exemplul de mai jos.

7 Exemplu

1000 g de tuberculi de topinambur se toacă pe o mașină de tocat, 1 parte material
9 vegetal tocat se amestecă cu 1 parte apă și apoi se omogenizează într-un omogenizator cu
piston (GEA Niro Soavi Arriete NS2006), două cicluri la 50 MPa. Materialul lignocelulozic
11 nesolubilizat se separă prin filtrare de soluția care include componentele hidrosolubile din
materialul vegetal, inclusiv inulina. Filtrarea se realizează pe hârtie de filtru Whatman nr. 1,
13 folosind o pâlnie Buchner pusă pe un vas Kitasato conectat la o trompă de apă.

Soluția rezultată se concentrează până la 7,5% substanță uscată determinată refrac-
15 tometric, iar în concentrat se aduce pH-ul la valoarea 4,6 prin adăugare de HCl 1 N. Concen-
tratul se trece într-un balon cu fund plat de 1000 ml, cu trei găhuri, cu refrigerent, termometru,
17 pâlnie de adăugare și agitator magnetic. Concentratul se aduce la temperatura de 50°C și
se realizează hidroliza inulinei timp de 4 h, cu un amestec de exoinulază (EC 3.2.1.80) și
19 endoinulinază (EC 3.2.1.7) din *Apergillus niger* (Fructozyme L, Novozyme A/S, Bagvaerd,
Danemarca). 1 g de enzimă cu o activitate de 2000 INU/g este aplicată într-o doză de 1 g
21 la 1 l soluție de compuși solubili din material inulinic, cu 7,5% s.u. determinată refractometric.

O unitate inulază, INU, este cantitatea de enzimă care produce 1 μmol de zaharuri
23 reducătoare (exprimate ca glucoză) per 1 min, în condiții standard, la pH 4,5 și temperatura
de 45°C. Orice alt amestec de exo- și endo-inulaze poate fi folosit, cu condiția asigurării
25 activității enzimatice necesare.

Hidrolizatul se reia și este ultrafiltrat tangențial pe un sistem de ultrafiltrare tangențială
27 Prostat (Merck Millipore, Billerica, MA, SUA) prevăzut cu o membrană Ultracel PLAC (Merck
Millipore) din celuloză regenerată, cu limită de excludere de 1 kDa. Se continuă ultrafiltrarea
29 până la atingerea unei concentrații de 8% fructo-oligozaharide în permeat. Permeatul se
trece pe o coloană cu diametrul de 4 cm și volum de 250 ml, care conține un amestec de
31 exoinulază (EC 3.2.1.80) și endoinulinază (EC 3.2.1.7) din *Apergillus niger*, immobilizate pe
o rețea de nanofire polimerice, la o activitate de 500 INU/ml de suport cromatografic, la un
33 debit de 5 ml/min. Coloana este menținută la o temperatură de 45°C și a fost inițial echilibrată
cu tampon citrat pH 5,5.

Enzima care se imobilizează este Fructozyme L (Novozyme A/S), cu o activitate
35 inițială de 2000 INU/g. Rețeaua de nanofire se fabrică, de preferință, pe o membrană de poli-
carbonat cu pori mai mici de 0,2 μm, în care se formează nanofire de polipirol. Membrana
37 de policarbonat este fixată între două tuburi, unul umplut cu soluție apoasă de 0,2 M mono-
mer pirol și celălalt cu o soluție de oxidanți, 0,1 M FeCl₃ și 0,1 M (NH₄)SO₄. Porii membranei,
39 de circa 100 nm diametru, funcționează ca matrițe pentru polimerul care se formează în inte-
riorul membranei. Pe măsură ce se formează polipirol în interiorul membranei, soluția devine
41 treptat verde-albastru întunecat. Procesul de nano-formare în matrița membranară este
43 finalizat în circa 2...3 h la temperatura camerei, polimerizarea continuând în afara porilor, la
suprafețele membranei. În momentul în care se observă formarea de polipirol pe ambele
45 suprafețe ale membranei de policarbonat, procesul de polimerizare se întrerupe prin îndepăr-
tarea celor două soluții, o parte a membranei este curățată cu cloroform, iar pe cealaltă parte
47 se depune un film de 50 nm de titan-aur, într-o incintă de depunere cu vacuum. Pentru a
obține o rețea de nanofire, membrana de policarbonat care a fost folosită ca matriță este
49 îndepărtată prin dizolvare în cloroform. Spuma poliuretanică cu nanotuburi de carbon folosită
pentru distanțarea rețelelor de nanofire de polipirol se obține în următoarele etape:

RO 129001 B1

- spuma poliuretanică este tratată cu UV-ozon pentru 30 min 0,1 g de nanotuburi de carbon multistrat (MWNT), cu un diametru de 6...9 nm și lungimea de 5 μm sunt dispersate în 0,1 g de soluție 10 mM polistiren sulfonat (SPS) și 0,1 N NaCl prin sonicare la 200 W timp de 40 min, apoi sunt incubate pentru 24 h. Rezultă SPS acoperit cu MWNT, care este separat prin filtrare pe o membrană cu pori de 0,22 μm, și spălat pe filtru de trei ori cu apă distilată. SPS acoperit cu MWNT este redispersat în apă distilată prin sonicare la 100 W timp de 15 min. Spuma poliuretanică este imersată în 1% soluție polietilenimină (PEI) timp de 1 h și spălată de trei ori cu apă distilată. Apoi este imersată în soluție de SPS acoperit cu MWNT pentru 15 min, urmată de spălări cu apă distilată de trei ori. Spuma poliuretanică este apoi acoperită cu un monostrat de policlorură de dialildimetilamoniu (PDAC) prin scufundare în soluție 20 mMPDAC cu 0,1 M NaCl pentru 20 min, urmată de spălare cu apă distilată de trei ori. Procesul este repetat până la formarea a 5 straturi de SPS-MWNT/PDAC pe spuma poliuretanică. Spuma poliuretanică acoperită cu cinci straturi SPS-MWNT/PDAC este apoi omogenizată cu rețea de tuburi de nanopirool, în raport egal, 1 parte la 1 parte, în 4 părți tampon citrat pH 5,5, prin sonicare cu 100 W timp de 15 min. Suspensia rezultată este împachetată de o coloană de diametrul de 4 cm și volum de 250 ml. Pe această coloană se realizează fixarea enzimei prin percolarea a 180 ml soluție obținută prin diluarea 1:1, cu tampon citrat pH 5,5, a Fructozyme L, 2000 INU/ml, la un debit de 0,5 ml/min. Coloana se menține la temperatura de 40°C, prin termostatarea eluantului, și se aplică o diferență de potențial de 1,5 V între partea superioară și cea inferioară, anodul fiind în partea superioară. Această diferență de tensiune face ca polipirolole să se încarce electric și să interacționeze cu resturile de aminoacizi încărcate negativ din structura inulinei. Se obține o coloană care are o activitate inulazică de 500 INU/ml, corespunzând unui randament de imobilizare de 56,94%. Amestecul de inulaze imobilizate își menține activitatea la 500 INU timp de 96 h, după care coloana se regenerează prin percolare cu o soluție uree 1 M în tampon citrat pH 4,5.

Siropul rezultat se concentrează până la 63% substanță uscată prin evaporare la vid. Conținutul de carbohidrați, determinat conform ISO 10504:1998, este de 597,2 g/fructoză și 33,8 g/glucoză. În sirop se determină fructo-oligozaharidele, prin metoda descrisă de **Ruiz-Matute et al, 2010, J. Food Compos. Anal. 23: 273-276**, pe un sistem Agilent 6224 Accurate Mass TOF LC/MS-MS (Agilent, Santa Clara, CA, SUA). Nivelul este mai mic de 0,058 mg/g, descris ca fiind natural prezent în mierea naturală (**Mei et al., 2010, Int. Food Res. J., 17:557-561**).

Produsul a fost experimentat în primăvara anului 2012, într-o perioadă cu lipsă temporară de nectar, între sfârșitul culesului la salcâm și înainte de începerea culesului la floarea-soarelui, la sfârșitul lunii mai. Experimentul s-a realizat în cadrul unei singure stupine, aparținând unuia dintre autori, și a inclus următoarele variante experimentale: V₁ - martor netratat; V₂ - hrănire cu 2,2 kg de sirop invertit de zahăr (Apiinvert[®], Agrana, Viena, Austria); V₃ - hrănire cu 2,2 kg de sirop de fructoză realizat conform invenției. Hrana s-a aplicat pe hrănitorul de pe podișor. Fiecare variantă experimentală a inclus patru repetiții, fiecare repetiție incluzând câte 3 stupi, fiecare stup având 15000 albine; randomizarea celor patru variante în patru repetiții a fost făcută în pătrat latin. După cele 4 săptămâni de hrănire de substituție, stupii au fost mutați la marginea unui lan de floarea-soarelui (ev. Pro 229, Procera seeds, Fundulea, România), unde au fost menținuți timp de trei săptămâni, monitorizându-se săptămânal prin cântărire acumularea de miere și de biomasă de albine. Datele obținute în cadrul experimentului s-au prelucrat prin analiza variantei (Statistica 10, StatSoft, Tulsa, OK, SUA).

RO 129001 B1

1 Rezultatele sunt prezentate în tabelul prezentat mai jos. Aceste rezultate demons-
trează o eficacitate bună a produsului rezultat prin aplicarea procedurii conform invenției,
3 inclusiv în reducerea ascosferozei datorită efectului prebiotic al fructo-oligozaharidelor pre-
zente rezidual în sirop.

5 *Efectul produsului realizat conform procedurii prezent de invenție, aplicat ca hrană*
7 *pentru albine în perioadele lipsite de cules**

Tratament	Puiet văros (nr. mediu larve pe săptămână)	Producție miere, medie lunară**
V ₁ martor netratat	752 c	12,52 c
V ₂ 2,2 kg de sirop invertit de zahăr (Apiinvert®, Agrana	380 a	17,34 b
V ₃ 2,2 kg de sirop de fructoză realizat conform invenției	115 a	20,27 a

9
11
13
15
17 * Valorile urmate de aceeași literă nu diferă semnificativ pentru $P > 0,05$

**media lunară per variantă a lunii de cules la floarea-soarelui, care a urmat la 28 zile de la aplicarea tratamentului

1. Procedeu de producere a siropului de fructoză, folosit ca hrană pentru albine, din inulină acumulată în organele de depozitare ale plantelor de topinambur, *Helianthus annuus*, dalie, *Dahlia spp.*, cicoare, *Cichorium intybus*, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit din următoarele etape: tocarea tuberculilor de topinambur, de dalie sau a rădăcinii de cicoare, și amestecarea materialului vegetal tocat cu apă, în proporție de 1:1; omogenizarea într-un omogenizator cu piston la înaltă presiune, două cicluri la 50 MPa; separarea prin filtrare a materialului lignocelulozic nesolubilizat de soluția care include componentele hidrosolubile din materialul vegetal, inclusiv inulina; hidroliza inulinei din soluție prin adăugarea unei inulaze și separarea prin ultrafiltrare tangențială a fructo-oligozaharidelor de proteine și ceilalți biopolimeri din soluție; hidroliza fructo-oligozaharidelor din permeat pe o coloană care conține inulază immobilizată pe o rețea de nanofire polimerice. 13
2. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** etapa de hidroliză a inulinei se realizează cu un amestec de exoinulază (EC 3.2.1.80) și endoinulinază (EC 3.2.1.7) din *Apergillus niger*, 1 g de enzimă cu o activitate de 2000 INU/g , aplicată într-o doză de 1 g la 1 l soluție de compuși solubili din material inulinic, cu 7,5% s.u. determinată refractometric, timp de 4 h la pH 4,6 și la temperatura de 50°C. 17
3. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** etapa de ultrafiltrare pentru separarea fructo-oligozaharidelor de proteine și ceilalți biopolimeri din soluție se realizează pe o membrană cu limită de excludere de 1 KDa, continuată până la atingerea unei concentrații de 8% fructo-oligozaharide în permeat; 21
4. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** etapa de hidroliză a oligozaharidelor din permeat se realizează pe o coloană care conține un amestec de exoinulază (EC 3.2.1.80) și endoinulinază (EC 3.2.1.7) din *Apergillus niger*, immobilizate pe o rețea de nanofire polimerice, la o activitate de 500 INU/ml de suport cromatografic, la temperatura de 45°C și la pH 5,5 și un debit de 5 ml/min pe o coloană de 250 ml. 27

