



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2004 00236**

(22) Data de depozit: **21.08.2002**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29.01.2010** BOPI nr. 1/2010

(30) Prioritate:
10.09.2001 DE 101 44 486.9

(41) Data publicării cererii:
28.02.2007 BOPI nr. 2/2007

(86) Cerere internațională PCT:
Nr. **EP 2002/09328**

(87) Publicare internațională:
Nr. **WO 03/022444 20.03.2003**

(73) Titular:
• **SUDZUCKER AG MANNHEIM/
OCHSENFURT, MAXIMILIANSTRASSE 10,
MANNHEIM DE**

(72) Inventatori:
• **SCHULTHEISS CHRISTOPH,
EDITH-STEIN- WEG 5, PFINZTAL DE**

(74) Mandatar:
**PATENTMARK S.R.L.,
STR. DR. N. TURNESCU, NR. 2,
SECTOR 5, BUCUREȘTI**

(56) Documente din stadiul tehnic:
US 6117660

(54) **PROCEDU DE DESCHIDERE ȘI PASTEURIZARE
CONTINUĂ, ATERMICĂ, A UNOR CANTITĂȚI INDUSTRIALE
DE MATERIAL ORGANIC, PRIN ELECTROPORAȚIE, ȘI
REACTOR PENTRU REALIZAREA PROCEDURELUI**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de descompunere și pasteurizare continuă, atermică, a unor cantități industriale de material organic, prin electroporație, și la un reactor utilizat pentru realizarea procedeuului. Procedeuul conform invenției constă în generarea de câmpuri electrice pulsatorii între un grup de electrozi de înaltă tensiune și electrozi legați la pământ, și încărcarea surselor de energie electrică dintre două descărcări succesive la un astfel de nivel încât, pe durata descărcării, se generează o intensitate (E) de câmp electric, astfel că, pentru un interval de timp de cel mult 1 μ s, de-a lungul axei longitudinale a celulelor materialului de procesat aflat momentan în acea zonă de câmp este depășită diferența de potențial (δ pfi) de 10 V.

Revendicări: 9
Figuri: 5

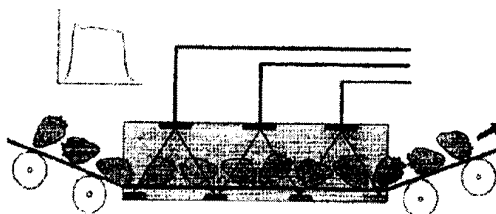


Fig. 4

Examinator: ing. BERDE SOFIA



Orice persoană are dreptul să formuleze în scris și motivat, la OSIM, o cerere de revocare a brevetului de invenție, în termen de 6 luni de la publicarea mențiunii hotărârii de acordare a acesteia

RO 122768 B1

RO 122768 B1

1 Invenția se referă la un procedeu de descompunere și pasteurizare continuă, ater-
mică, a unor cantități industriale de material organic prin electroporație și la un reactor utilizat
3 pentru realizarea procedeuului. Procedeuul conform invenției asigură descompunerea celulelor
biologice într-un procedeu industrial cu câmpuri electrice pulsatorii.

5 Câmpurile electrice pulsatorii, având intensități ale câmpului situate în domeniul de
1-100 kV/cm, conduc la deschideri ireversibile ale porilor în membrana celulelor biologice.
7 Acest efect, denumit și electroporație, se utilizează pentru asigurarea unui acces eficient la
conținutul celulelor plantei, pentru distrugerea microorganismelor și pasteurizare.

9 Alte procedee de eliberare a citoplasmei sunt tratamentul termic și presarea. La apro-
ximativ 72°C, membranele celulelor ale plantei se denaturează, iar conținutul celulei este
11 eliberat. Prin presare, presiunea exterioară determină ruperea mecanică a pereților celulari
și eliberarea conținutului celulei. Ambele procedee clasice prezintă dezavantaje majore: tra-
13 tamentul termic consumă o cantitate relativ mare de energie și degradează conținutul celulei.
Compresia mecanică presupune aparatură relativ scumpă și gradul de descompunere este,
15 în general, mai redus decât în cazul descompunerii termice. Combinația celor două procedee
constă în presarea la rece și disoluția ulterioară a conținutului celulei, cu ajutorul unui
17 solvent.

19 Procedeuul de electroporație este cunoscut încă din anii '60 ai secolului trecut și, de
atunci, fenomenul permeabilizării, respectiv al porației membranelor celulare, este cercetat
științific.

21 În documentul **DB 12 37 541**, este descrisă electroporația produselor agricole
curente, cum ar fi descompunerea amidonului la cartofi. În documentul **WO 99/6463**, este
23 descris un alt procedeu de electroporație. Sunt expuse avantajele prelucrării sfecei de zahăr
prin acest procedeu, înainte de a fi prelucrată termic sau mecanic. În acest document, este
25 reflectat tratamentul termic din stadiul tehnicii. Procedeuul mecanic este de asemenea descris
în documentul **DE 197 36 080 A1**.

27 Brevetul american **US 6117660** (CytoPulse Sciences, Inc., Columbia, sept. 2000,
rev. 1-10), se referă la o metodă și un dispozitiv pentru tratarea unor materiale, în special a
29 celulelor vii, în câmp electric pulsatoriu și cu o substanță de tratare. Metoda dezvoltată în
acest document, constă în:

31 - dispunerea unor electrozi în locații dispuse în jurul materialului supus tratării, conec-
tarea electrozilor la ieșirile unui aparat de selectare a electrozilor;

33 - conectarea intrărilor aparatului de selectare a electrozilor, la ieșirile unui dispozitiv
de impulsuri electrice;

35 - contactarea materialului cu substanța de tratare;

37 - aplicarea de impulsuri electrice asupra materialului, aceste impulsuri fiind o
secvență de cel puțin trei impulsuri electrice nesinusoidale, având intensitatea câmpului
egală sau mai mare de 100 V/cm și una, două sau trei dintre următoarele caracteristici: (1)
39 cel puțin două din cele cel puțin trei impulsuri diferă între ele prin amplitudinea acestora; (2)
cel puțin două din cele cel puțin trei impulsuri diferă între ele prin durată; și (3) intervalul de
41 impuls pentru un prim set de două impulsuri din cele cel puțin trei este diferit de un al doilea
interval de impuls, pentru un al doilea set de impulsuri din cele cel puțin trei; și

43 - dirijarea impulsurilor aplicate prin aparatul de selectare a electrozilor, într-o secvență
predeterminată pentru selectarea electrozilor, astfel încât materialul să fie tratat cu substanța
45 de tratare adăugată și cu câmpuri electrice a căror direcție variază secvențial.

47 În domeniul electroporației nu este cunoscut încă niciun procedeu și de asemenea
nicio instalație, respectiv reactor, care să poată face prelucrare la scară industrială.

RO 122768 B1

Prin aceasta, se formulează problema tehnică care stă la baza invenției, anume aceea de a pune la dispoziție un procedeu de electroporație a substanțelor biologice celulare și un reactor aflat într-o linie de producție în flux, pentru realizarea procedeuului.	1 3
Procedeul conform invenției de față înlătură dezavantajele procedeelor menționate, prin aceea că acesta cuprinde:	5
- generarea de câmpuri electrice pulsatorii între un grup de electrozi de înaltă tensiune și electrozii legați la pământ, prin descărcarea unei surse de energie electrică care este legată în momentul respectiv la respectivul grup de electrozi de înaltă tensiune printr-un comutator aferent acestuia, fără suprapunere în timp cu celelalte grupuri de electrozi de același tip, ceea ce face ca axele de câmp existente între un grup de electrozi de înaltă tensiune și electrozii legați la pământ să nu fie perpendiculare pe axa longitudinală a reactorului, și	7 9 11
- încărcarea surselor de energie electrică dintre două descărcări succesive la un astfel de nivel încât, în zona dintre un grup de electrozi de înaltă tensiune și electrozii legați la pământ învecinați, pe durata descărcării, se generează o intensitate E de câmp electric, astfel că pentru un interval de timp de cel mult $1 \mu s$, de-a lungul axei longitudinale a celulelor materialului de procesat aflat momentan în acea zonă de câmp, este depășită diferența de potențial $\Delta\phi$ de $10 V$, necesară pentru fisurarea și deschiderea ireversibilă a peretelui celulei.	13 15 17
În cazul procedeuului conform invenției, creșterea tensiunii până la un maxim de cel mult $1 MV$ durează mai puțin de $100 \mu s$.	19
Materialul de prelucrat constă din celule biologice sub formă de plante, rădăcini, bulbi, fructe și material de origine animală.	21
Reactorul tubular pentru descompunerea și pasteurizarea atermică continuă, a unor cantități industriale de material organic de prelucrat prin electroporație, conform invenției, este prevăzut cu o cale de transport a materialului de procesat, incluzând o zonă de formă tubulară, constând dintr-un material dielectric, electrozi legați la pământ dispuși în peretele acestuia într-o primă zonă longitudinală și având partea frontală expusă către spațiul interior liber al reactorului, electrozi de înaltă tensiune dispuși într-o a doua zonă longitudinală a peretelui reactorului, care pot fi încărcăți cu un voltaj înalt și care au partea frontală expusă în spațiul interior liber al reactorului, numiții electrozi de înaltă tensiune fiind combinați în grupuri de electrozi, dispuse unul sub altul și formate din cel puțin un electrod, numitele grupuri fiind astfel dispuse, încât distanța dintre acestea are aceeași dimensiune cu lățimea zonei longitudinale a grupurilor, numiții electrozi de înaltă tensiune fiind separați de zona longitudinală incluzând electrozii legați la pământ, printr-o zonă lipsită de electrozi și având în momentul respectiv o lățime astfel selectată încât, în timpul prelucrării, între două grupuri de electrozi de tipuri diferite nu poate avea loc o străpungere electrică, însă se poate realiza și menține o intensitate de câmp mai mare de $10 kV/cm$, necesară pentru electroporație, iar numita zonă longitudinală cu electrozi legați la pământ fiind poziționată față de electrozii de înaltă tensiune, astfel încât fiecare conexiune de linie de intensitate între un electrod legat la pământ și un grup de electrozi se întinde peste calea de transport a reactorului, dar niciodată nu se produce perpendicular pe axa căii de transport.	23 25 27 29 31 33 35 37 39 41
Electrozii puși sub tensiune înaltă sunt împărțiți în grupuri formate din cel puțin un electrod și fiecare grup este legat, printr-un cablu de înaltă tensiune și un comutator, cu propria sa sursă de înaltă tensiune sau cu un generator.	43
Suprafața fiecărui grup de electrozi de înaltă tensiune este egală cu suma suprafețelor expuse ale electrozilor legați la pământ, învecinați.	45
Raportul dintre suprafața F a unui electrod de înaltă tensiune și distanța d dintre acesta și electrozii legați la pământ imediat învecinați nu depășește valoarea de $0,5 cm$.	47

RO 122768 B1

1 Electrozii sunt astfel distribuiți pe respectiva zonă longitudinală, încât nu există nicio
pereche de electrozi formată dintr-un electrod legat la pământ și un electrod de înaltă
3 tensiune, a cărei conexiune în linie dreaptă să fie perpendiculară pe direcția de curgere a
materialului de prelucrat, respectiv perpendiculară pe calea prin reactor.

5 Grupurile de electrozi de înaltă tensiune, care pot fi energizate prin aplicarea unei
tensiuni înalte, sunt astfel distribuite încât, într-o proiecție perpendiculară pe calea de trans-
7 port a materialului prin reactor, pe zona longitudinală cu electrozi legați la pământ, niciunul
din grupurile de electrozi de înaltă tensiune nu se suprapune cu un electrod legat la pământ.

9 În cazul prezentei invenției, în locul rotirii fructelor sau a produșilor prin intermediul
curgerii turbulente sau a turbulenței induse în fluxul materialului de procesat, în reactor sunt
11 create câmpuri electrice având direcții diferite de-a lungul acestuia. Există, de exemplu,
stadiul anterior al tehnicii, în care fructele sunt transportate, printr-un tub dielectric, prevăzut
13 cu perechi de electrozi care sunt dispuși sub un anumit unghi și poziționați unul deasupra
celuilalt în secțiuni transversale adiacente. În ceea ce privește sfeclele trecute prin aceste
15 tuburi, unghiurile variază într-un anumit plan, iar celulele care sunt orientate în acest plan
sunt electroporate. Astfel însă, celulele orientate perpendicular pe acest plan, după axa Z,
17 nu sunt distruse.

19 Invenția rezolvă problema modificării celulelor biologice prin electroporație pulsatorie,
astfel încât să poată fi prelucrate la scară industrială. Aceasta înseamnă că sunt prelucrate
volumuri mari într-un reactor destinat acestui scop și exploatat conform procedurii, cu con-
21 sum minim de energie.

23 Prin metoda pentru descompunerea și pasteurizarea continuă a unor cantități mari
de celule biologice din plante, rădăcini, bulbi, fructe și celule animale, care sunt materialul
organic de procesat, materialul este deplasat într-un mediu de curgere prin reactor, iar pentru
25 electroporație, acesta este supus în reactor, câmpurilor electrice pulsatorii.

Fazele individuale sunt următoarele:

27 Între grupuri de electrozi legați la pământ și conținând fiecare cel puțin un electrod
montat în peretele dielectric al reactorului și care poate fi energizat prin aplicare de tensiune
29 ridicată într-un areal de traversare a reactorului, sunt generate câmpuri electrice pulsatorii
E, având multiple direcții și intensități, astfel încât fiecare celulă, la trecerea prin reactor, este
31 supusă cu mare probabilitate, cel puțin o dată, unei intensități a câmpului electric E, de-a
lungul axei lungi a acesteia, fiind atinsă cel puțin o dată, următoarea diferență de prag de
33 potențial pentru electroporație:

$$zE = 10 \text{ V.}$$

35 Prin aceasta, celulele biologice ale materialului de procesat, care au formă alungită,
37 de exemplu ovală, la un ordin de mărime tipic de 10...100 μm , sunt supuse în mod repetat
unei diferențe de potențial de cel puțin 10 V.

39 Electrozii care pot fi energizați prin punere la înaltă tensiune sunt combinați în grupuri
formate din cel puțin un electrod, iar electrozii dintr-un astfel de grup sunt puși simultan sub
41 înaltă tensiune, respectiv sub o pulsație de înaltă tensiune, cu mențiunea că într-un moment
dat, un singur grup se află sub tensiune înaltă.

43 Grupurile de electrozi sunt puse sub înaltă tensiune unul după altul, ca la o armă de
foc, cu o distribuție în timp egală cu lungimea unei pulsații multiple, astfel încât câmpul este
45 generat întotdeauna de către un singur grup de electrozi. Sensul de circulație al ariei de înaltă
tensiune poate fi în sensul de curgere al materialului care se prelucrează sau opus acestuia,
47 dar grupurile de electrozi, în mod statistic, sunt energizate astfel încât, în funcție de aranjarea
electrozilor, în respectivul reactor, de la intrare până la ieșire, direcția potențialului câmpului

RO 122768 B1

electric E se schimbă în mod constant în ritmul energizării de înaltă tensiune a grupurilor. 1
Esențial este faptul că, întotdeauna, este pus sub înaltă tensiune numai un singur grup de 3
electrozi. În acest fel, sunt evitate întrepătrunderile reciproce de câmpuri și prin urmare, și 3
zonele de circulație a liniilor de forță dispuse perpendicular pe axa de curgere, așa cum s-ar 5
întâmpla la energizarea simultană a două sau a mai multor grupuri de electrozi. În funcție de 5
durata intervenției electrice, descărcarea electrică are loc de preferință în sensul de rulare 7
al fluxului materialului de prelucrat, apoi, materialul care se prelucrează este supus acțiunii 7
electrice pentru o perioadă de timp mai lungă decât cea în care deplasarea se face în aceeași 9
direcție. 9

Determinări de parametri pe cale experimentală, precum și surse din literatura de 11
specialitate americană (K. H. Schoenbach et al. „Bacterial Decontamination of Liquids with 11
Pulsed Electric Fields”, IEEE Transactions on Dielectrics, vol. 7, nr. 6, pag. 637-645, oct. 2000) 13
se situează aproape în aprecierea că durata adecvată a fiecărei pulsații de înaltă tensiune 13
trebuie menținută în intervalul 1...3 μ s, la o diferență de 10 V a potențialului de prag. Această 15
durată este favorabilă din punct de vedere energetic pentru descompunerea materialului ce 15
se prelucrează (revendicarea 2). În această situație, este favorabil dacă respectiva creștere 17
de tensiune se realizează cât mai repede posibil, însă cel mult în 100 μ s. 17

Electrozii legați la pământ nu se corelează cu un electrod sau grup de electrozi de 19
înaltă tensiune. Mai degrabă, un electrod sau un grup de electrozi de înaltă tensiune se află 19
în corespondență cu electrozii legați la pământ, spațial situați cel mai aproape, prin formarea 21
la energizarea la înaltă tensiune, a unui câmp puternic cu electrodul sau grupul de electrozi 21
legat la pământ, cel mai apropiat, iar în mod corespunzător, prin formarea unui câmp slab, 23
cu electrodul legat la pământ, situat la distanța cea mai mare. Aceasta produce un efect de 23
schimbare bruscă a direcției, respectiv o fluctuație spațială a câmpurilor electrice. Creșterea 25
intensității câmpului apare în general la electrozii legați la pământ și la grupul de electrozi aflat 25
momentan sub o tensiune de potențial înaltă, în comparație cu tensiunea din zona mediană 27
alimentată pentru electroporație și la electrozii legați la pământ și situați la distanță mai mare 27
(pentru aceasta se vor vedea și explicațiile existente sub fig. 5, privind variația intensității 29
câmpului). 29

Pe lângă efectul creșterii intensității câmpului la electrozii legați la pământ situați la 31
distanță mai mare, intensitatea câmpului electric crește de asemenea în imediata apropiere 31
a acestora, cu un factor având valoarea 10. Prin aceasta se creează certitudinea că în zona 33
electrozilor legați la pământ cei mai îndepărtați, materialul celulei va fi supus electroporației. 33

În zona electrozilor învecinați, se creează diferențe de potențial de prag, de 100 V 35
și chiar mai mari. S-a descoperit că din cauza „suprapotențialelor”, durata pulsației trebuie 35
să fie mai mică de 1 μ s. O comparație privind calitatea descompunerii la o diferență de poten- 37
țial de prag de 10 și 100 V, la aceeași energie specifică, evidențiază un avantaj pentru cea 37
din urmă (revendicarea 2). Acumulatorul de energie electrică al grupului de electrozi cores- 39
punzător în acel moment trebuie să se descarce rapid prin comutatorul aferent. De aceea, 39
circuitul de descărcare corespunzător este astfel dimensionat, încât tensiunea crește până 41
la valoarea maximă de cel mult 1 MV, în cel mult 100 μ s (revendicarea 3). 41

Reactorul pentru descompunere și pasteurizare și de asemenea pentru executarea 43
optimă a procedurii de electroporație este construit în modul următor (revendicarea 4 de 43
altă categorie):

Reactorul are formă tubulară și secțiune poligonală, cel puțin dreptunghiulară sau 45
rotundă. Materialul peretelui este dielectric și inert din punct de vedere chimic față de lichidul 45
de prelucrare și față de materialul de prelucrat. Într-o primă zonă longitudinală a peretelui reac- 47
torului, sunt montați electrozi legați la pământ de-a lungul reactorului, orientați cu partea lor 47
frontală m/capul către spațiul interior al reactorului. 49

RO 122768 B1

1 Într-o a doua zonă longitudinală a peretelui reactorului, sunt montați electrozi care pot
fi energizați, aceștia fiind de asemenea orientați cu partea lor frontală m /capul către spațiul
3 interior al reactorului. În general, ei sunt divizați în grupuri formate din cel puțin un astfel de
electrod de înaltă tensiune. Electrozii unui grup sunt conectați la aceeași sursă de înaltă
5 tensiune. Fiecare grup de electrozi de înaltă tensiune are sursa lui proprie de tensiune.

Toate grupurile de electrozi de înaltă tensiune sunt astfel dispuse, încât distanța dintre
7 grupurile adiacente corespunde cu lățimea interioară d a reactorului.

Zona longitudinală a grupului de electrozi de înaltă tensiune este separată de zona
9 longitudinală a grupului de electrozi legați la pământ, pe ambele părți, printr-o zonă lipsită
de electrozi. Această zonă are de-a lungul reactorului o asemenea lățime, încât în timpul
11 prelucrării, între electrodul legat la pământ și grupul de electrozi aflați pentru moment sub
tensiune, se stabilește o intensitate de câmp de ≥ 10 kV/cm, ceea ce înseamnă că nu poate
13 avea loc o străpungere electrică.

Zona longitudinală a grupului de electrozi legați la pământ este astfel poziționată față
15 de zona longitudinală a grupului de electrozi de înaltă tensiune, încât fiecare linie de forță
dintre un electrod legat la pământ și un electrod de înaltă tensiune dintr-un grup oarecare
17 înaintază în zona liberă din interiorul reactorului. Din punct de vedere constructiv, între
lățimea spațiului liber interior și diametrul d al reactorului, raportul trebuie astfel menținut încât,
19 distanța dintre cel mai sus poziționați electrozi ai unui grup și următorul electrod legat la
pământ să fie astfel încât în materialul de procesat să nu apară câmpuri de dispersie având
21 mai puțin de 10 kV/cm în produsul de prelucrat.

În revendicările dependente 6 până la 9, sunt descrise măsuri avantajoase care, în
23 funcție de mărirea reactorului, ușurează fazele procedurii:

Pentru un reactor de dimensiuni mari, este avantajos ca în vederea limitării intensității
25 câmpului, în locul energizării unui singur electrod sub înaltă tensiune, în același moment, să
fie energizate grupuri de electrozi puse simultan sub înaltă tensiune. Electrozii de înaltă
27 tensiune pot fi împărțiți în grupuri formate din cel puțin patru electrozi și fiecare grup este legat
printr-un cablu de înaltă tensiune și al unui comutator sau al unui eclator, la propria sa sursă
29 de înaltă tensiune sau generator Marx (revendicarea 6).

Pentru a produce un câmp în interiorul reactorului, electrozii care sunt expuși cu partea
31 lor frontală pe pereții reactorului și se află în contact direct cu lichidul de transport/prelucrare
prezintă următoarea împărțire a suprafețelor:

33 Suma suprafețelor electrozilor de înaltă tensiune, expuse în reactor, este aproximativ
egală cu suma suprafețelor electrozilor legați la pământ adiacenți și nu este substanțial mai
35 mică dacă se ia în considerare și următorul electrod legat la pământ (revendicarea 7). Pentru
aceasta, trebuie ca suprafața electrozilor să fie dimensionată astfel încât raportul dintre
37 suprafața F a electrozilor și distanța d dintre electrodul de înaltă tensiune și electrozii legați
la pământ corespunzători să nu depășească valoarea

$$F:d = \frac{1}{2} \text{ cm}$$

41 arătată în revendicări (revendicarea 8).

43 Densitatea curentului electrolitic trebuie să fie aproximativ constantă. Un raport de
aspect mai mare conduce la distribuții mai omogene ale densității câmpului, însă sporește
45 în mod disproporționat pierderile electrolitice.

47 Electrozii sunt astfel distribuiți de-a lungul reactorului, încât nu există nicio pereche
de electrozi formată din electrozi legați la pământ sau electrozi de înaltă tensiune, a cărei linie
de intensitate de legătură să fie așezată perpendicular pe direcția de curgere a materialului

RO 122768 B1

de prelucrat, respectiv, perpendicular pe axa de transport în respectivul reactor (revendicările 3 și 9). În acest fel, la o proiectare perpendiculară pe axa de curgere, niciun grup de electrozi nu se suprapune cu un electrod legat la pământ. În această proiectare, electrozii legați la pământ sunt dispuși întotdeauna în jurul unui grup de electrozi, dar astfel încât printre electrozii apropiați există întotdeauna acces la electrozii cei mai îndepărtați, pentru formarea unui câmp electric.

În ceea ce privește timpul de trecere prin reactor, s-a constatat că, dacă electrozii sunt astfel distribuiți pe lungimea respectivă încât, în proiectarea zonei longitudinale respective, electrozii de înaltă tensiune sunt distribuiți perpendicular pe direcția de curgere către zona longitudinală a electrozilor legați la pământ, electrozii de înaltă tensiune fiind așezați pe o linie curbă închisă sau pe un sector de linie în jurul unui electrod legat la pământ, acest timp de trecere se micșorează vizibil.

În contrast cu procedeele termice și mecanice, menționate mai înainte, câmpurile electrice pulsatorii, având intensități de câmp la valori de 1-100 kV/cm, distrug ireversibil membranele celulei. Electroporația este potrivită pentru extragerea mai eficientă a conținutului de citoplasmă a celulelor biologice și pentru distrugerea microorganismelor. În acest proces, apar pori în membrana celulară; aceștia cresc și se închid din nou sub influența fluctuațiilor termice și a câmpurilor electrice locale. Drept model, se admite că membrane celulare hidrofile, nepermeabile pentru apă și având pori adecvați pentru schimbul de substanțe, iau naștere într-un proces cu două faze. Porii apar pentru început ca pori hidrofobi impermeabili la apă, a căror viteză de formare depinde de temperatura și potențialul membranei. Când raza lor a atins o valoare critică, ei se transformă în pori hidrofilii. Aceștia din urmă pot crește sub influența unui câmp electric. Când raza lor depășește o a doua valoare critică în timpul pulsațiilor, deschiderea devine ireversibilă. Scala de timp, în cadrul căreia porii se deschid, se situează conform experienței, în domeniul unei microsecunde. Numai dincolo de acest interval de timp trebuie să se aplice câmpul electric exterior. Dacă se aplică în exclusivitate câmp electric de mare intensitate, începând de la 10 kV/cm, acest interval de timp se poate micșora.

Fiecare creștere a duratei pulsației, dincolo de momentul în care membrana celulară se distruge, sporește pierderile electrolitice inevitabile în suspensia respectivă. Drept urmare, pentru realizarea unor intensități de câmp foarte înalte pe distanțe mari, cu durată de ordinul microsecundelor, sunt necesare pulsații de tensiune având o amplitudine de multe sute de kV, iar pentru realizarea unei rate de tratare ridicate, este necesară o repetabilitate a frecvenței pulsației, cât mai înaltă.

Pentru o astfel de instalație/dispozitiv, trebuie ca durabilitatea generatoarelor de impulsuri să corespundă standardelor industriale. Astfel de proprietăți pot fi obținute cu generatoare Marx. Transformatoarele de pulsații pentru astfel de fenomene cu durată scurtă nu pot fi construite cu cheltuieli ce pot fi susținute și deci sunt neeconomice în calitate de componente constructive.

În generatorul Marx, pentru început, condensatoare de înaltă tensiune sunt mai întâi încărcate în paralel pe o tensiune de încărcare cu valoarea, de exemplu, de 50 kV și apoi sunt conectate în serie, pentru a însuma tensiunile individuale. De exemplu, cu zece condensatoare, se obține o amplitudine de 500 V, prin declanșarea descărcării. Cealaltă parametri se determină cu ajutorul constantelor de timp ζ ale circuitului electric conectat în serie, folosind relația

$$\zeta = RC < 1 \mu s$$

în care R reprezintă, în esență, rezistența suspensiei formate din apă și celule biologice, iar C reprezintă capacitățile condensatoarelor legate în serie ale unui generator Marx. La această utilizare, elementele inductive R - L sunt comparabil de mici și astfel neglijabile.

RO 122768 B1

1 Pentru operarea industrială a reactorului, este necesară folosirea generatoarelor Marx
ca sursă de tensiune pentru electroporație. Sfeclele, de exemplu, sunt efectiv electropora-
3 ționate, cu un câmp exterior cu o intensitate de 10 kV/cm, dacă generatorul Marx legat în serie
furnizează o pulsație de 500 kV, iar reactorul are o lățime liberă de 50 cm. Deși o intensitate
5 a câmpului de 10 kV/cm este foarte înaltă, experimentările arată că numai o parte a celulelor
de sfecle sunt deschise. Pentru cealaltă parte, respectiva intensitate de câmp, aplicată din
7 exterior, nu este încă suficient de înaltă. Cauza este legată de faptul că, în majoritatea cazu-
rilor, celulele biologice sunt alungite. Pentru definirea unui model, sunt folosite o axă scurtă
9 r și o axă lungă z , plecând de la forma celulei. Dacă, de exemplu, celula este așezată cu axa
sa longitudinală z paralel cu direcția câmpului local, de-a lungul axei z se produce o diferență
11 de potențial $U = zE$, care asigură electroporația. Situația este diferită de-a lungul axei scurte
a celulei, unde apare un potențial mai mic, $U = 2rE$, admitând că r are aproximativ raza celulei
13 alungite. O celulă ovală având, de exemplu, dimensiunile exterioare $z = 100 \mu\text{m}$ și $2r = 10 \mu\text{m}$,
trebuie poraționată. La o intensitate a câmpului de 1 kV/cm și o durată a pulsației de micro-
15 secunde, nu se realizează pragul de electroporație specific substanței celulei, de 10 V,
deoarece, conform relației, se obține valoarea de mai jos:

$$2rE = 10 \mu\text{m} \times 1 \text{ kV/cm} = 1 \text{ V.}$$

19 O celulă având axa mică orientată paralel cu liniile de câmp, supraviețuiește. Dacă
respectivul câmp și axa lungă a celulei ar fi orientate în aceeași direcție, atunci s-ar obține
21 deschiderea ireversibilă a membranei.

23 Pentru o pulsație de domeniul microsecundelor, limita (pragul) de electroporație se
situează la o diferență de potențial de circa 10 V. Acest prag, dar și un efect de ecranare dato-
25 rat fluxului anizotrop de curent conduc la faptul că, pentru o electroporație sigură, trebuie
să se lucreze aplicând o intensitate de câmp în exces, la o valoare în domeniul de 100 V al
27 diferenței de potențial limită, și, în plus, având fructul rotit în diferite poziții, cu scopul de a
crește probabilitatea de obținere a efectului de electroporație a celulelor.

29 Invenția va fi explicată mai detaliat în cele ce urmează, pe baza desenelor. Desenele
constau din fig. 1 până la 5, care în mod schematic prezintă un exemplu de reactor cu secțiune
31 dreptunghiulară.

Figurile, luate individual, reprezintă:

- 33 - fig. 1, reactorul văzut în plan orizontal;
- fig. 2, reactorul în vedere laterală;
- 35 - fig. 3, reactorul în vedere frontală;
- fig. 4, construcția reactorului prezentată schematic;
- 37 - fig. 5, variația calitativă a intensității câmpului.

Măsurători efectuate pe sfecle, orientată pe câmpul electric generat în reactor, au
39 arătat că energia specifică raportată la respectiva sfecle scade de la 8 kJ/kg la circa 2 kJ/kg,
dacă toate celulele sunt implicate în electroporație. Pe lângă electroporația incompletă afe-
41 rentă unei dispunerii tubulare, transportul tuturor fructelor prin tub s-a dovedit de asemenea
a fi dezavantajoasă, deoarece se ajunge la rotunjiri de muchii și la calări și, prin aceasta, la
43 o retenție a materialului ce se prelucrează, care trebuie să fie eliminată manual. De aceea,
în această invenție se preferă un transport al materialului, la care asupra fructelor se exercită
45 o forță continuă de transport, așa cum se întâmplă, de exemplu, la un transportor cu lanț.

Debitul unui transportor cu lanț este determinat de viteza de transport, lățimea,
47 înălțimea și gradul de umplere. În funcție de materialul biologic al celulei, înălțimea trans-
portorului este de circa 50 cm; viteza de transport se reglează astfel încât, pe durata timpului
49 de staționare în reactor, energia specifică aplicată prin pulsația de înaltă tensiune să atingă
valoarea de prag dorită. Lățimea reactorului nu se supune la niciun fel de limitări.

RO 122768 B1

În situația prezentă, reactorul are secțiuni dreptunghiulară și este confecționat din material dielectric, suficient de rezistent în toate privințele, pentru respectivul proces. Părțile mobile, cum ar fi benzile cu nervuri transversale etc., sunt de asemenea confecționate din material dielectric. Înălțimea reactorului este aici de circa 50 cm, lungimea L este, de exemplu, de 200 cm, iar lățimea de 100 cm. La partea inferioară, sunt montați electrozii legați la pământ, iar la partea superioară se află electrozii conducători de înaltă tensiune, la care, aici, fiecare grup de electrozi, alimentați cu tensiune înaltă dintr-un generator Marx aferent, constă numai dintr-un singur electrod. Distanța față de al doilea electrod legat la pământ este de 50 cm, acesta fiind de asemenea distanța dintre electrozii de înaltă tensiune.

În fig. 1, este reprezentată schema de amplasare a electrozilor pe reactor. Toate punctele reprezintă electrozi legați la pământ. Electrozii conducători de înaltă tensiune sunt reprezentați sub formă de cruce. Ei sunt dispuși în funcție de electrozii legați la pământ și sunt roțiți astfel încât să fie centrați în vederea în plan orizontal. Cel puțin rândul median al electrozilor legați la pământ este acoperit de către banda dielectrică a transportorului care trece prin respectivul reactor și care aici nu este reprezentat. De aceea, în aceasta zonă, banda este găurită, astfel încât, prin aceste străpungeri, între acele două tipuri de electrozi (legați la pământ și cei de înaltă tensiune), are loc formarea unui câmp care nu este deranjat de constantele dielectrice relative ale materialului respectivului transportor cu lanț.

În această situație, cu titlu de exemplificare, sunt prevăzute opt generatoare Marx, adică grupurile de electrozi puse sub înaltă tensiune constau, în împrejurările respective, dintr-un singur electrod. Săgețile indicate în fig. 1 până la 3, între cele două grupuri de electrozi, semnifică direcția câmpului electric activ, preponderent local. Din reprezentările arătate în plan orizontal (fig. 1), în vederea laterală (fig. 2) și în vederea frontală (fig. 3), trebuie observat că o parte preponderentă din spațiul interior liber al reactorului este străbătut de către linii de legătură puternic divergente ca direcție. Prin aceasta se asigură mai întâi ca materialul de prelucrat care circulă, format din sfecle plus lichid de transport care, în acest caz este apa, este supus, în orice loc din reactor, liniilor de câmp electric care vin din direcții diferite.

Pentru dimensionarea suprafeței electrozilor trebuie să se țină seama de faptul că rezistența electrolitică, cauzată de fluxul de curent prin baia de apă și prin masa fructelor, nu trebuie să depășească rezistența totală corespunzătoare relației

$$Y = RC < 1 \mu s$$

deoarece, în caz contrar, lungimea pulsației devine mai mică de 1 μs și, așa cum s-a explicat mai sus, nu mai este suficient de lungă pentru electroporație.

De exemplu, la o rezistență electrolitică de circa 1,5 m Ω /cm și o distanță de 20 cm între electrozi, electrozii sub formă de disc nu trebuie să depășească un diametru de circa 30 mm; aceasta determină un raport între suprafața electrozilor și distanță, de circa 1/2 cm. La rapoarte de aspect mai mari, se îmbunătățește într-adevăr omogenitatea intensității câmpului, totuși cresc disproporționat pierderile electrolitice.

De asemenea, se va ține seama de faptul că suprafața electrozilor nu trebuie să fie aleasă prea mică. Într-un astfel de caz, zona intensităților de câmp mai înalte se deplasează din respectivul spațiu dintre electrozi, în spațiul din imediata apropiere a electrozilor, situație ce trebuie evitată (a se vedea fig. 5).

La dimensionarea suprafeței electrozilor pentru un reactor, așa cum este prezentat în fig. 1 și 2, trebuie să se țină seama de faptul că electrozii conducători de înaltă tensiune au în imediata lor vecinătate mai mulți electrozi legați la pământ. De aceea, trebuie ca electrozii legați la pământ și situați în imediata vecinătate să aibă împreună, aceeași suprafață ca electrozii conducători de înaltă tensiune.

1 Fig. 5 arată, pe de o parte, variația intensității câmpului electric între un electrod de
întă tensiune tocmai energizat și oricare dintre electrozii legați la pământ. Rezultă o
3 intensitate a câmpului în exces în apropierea electrozilor și o coborâre a intensității câmpului
în spațiul dintre ei. Distorsionarea intensității câmpului este în funcție de suprafețele electro-
5 zilor. Pentru suprafețe foarte mici ale electrozilor, intensitatea câmpului în spațiu scade
aproape la zero. Aceeași situație rezultă și atunci când un electrod mic se află în fața unui
7 electrod sub formă de perete, dacă, de exemplu, carcasa reactorului este construită din metal
în loc de material dielectric. O densitate înaltă a liniilor de câmp s-ar stabili numai în mediul
9 direct înconjurător al unui electrod mic.

Fig. 5 arată, calitativ, variația intensității câmpului electric între un electrod de înaltă
11 tensiune și oricare dintre electrozii legați la pământ. Rezultă o intensitate a câmpului în exces
în apropierea electrozilor și o intensitate redusă a câmpului în spațiul dintre aceștia.
13 Distorsionarea intensității câmpului este în funcție de suprafața electrozilor. Pentru suprafețe
foarte mici ale electrozilor, intensitatea câmpului în spațiu scade aproape la zero. Aceeași
15 situație rezultă și atunci când un electrod mic se află în fața unui electrod sub formă de perete,
dacă, de exemplu, carcasa reactorului este constituită din metal în loc de material dielectric.
17 O densitate înaltă a liniilor de câmp s-ar stabili numai în mediul direct înconjurător al unui
electrod mic. Fig. 5 mai arată, suplimentar, distribuția intensității câmpului perpendicular pe
19 direcția de dispunere a electrozilor, aceasta fiind direcția corespunzătoare sensului de înaintare
în reactor. Distribuția ilustrează expansiunea intensității câmpului în volumul reactorului
21 și oferă informații asupra condițiilor de câmp, în raport cu o pereche de electrozi situați în
apropiere.

23 Revendicări

25 1. Procedeu de descompunere și pasteurizare continuă, atermică, a unor cantități
27 industriale de material organic prin electroporație, materialul de prelucrat fiind transportat prin
intermediul unui lichid de transport/prelucrare și expus acțiunii unor câmpuri electrice
29 pulsatorii, generate între niște electrozi legați la pământ și niște grupuri de electrozi de înaltă
tensiune, **caracterizat prin aceea că** acesta cuprinde:

31 - generarea de câmpuri electrice pulsatorii între un grup de electrozi de înaltă tensiune
și electrozii legați la pământ, prin descărcarea unei surse de energie electrică care este legată
33 în momentul respectiv la respectivul grup de electrozi de înaltă tensiune printr-un comutator
afereț acestuia, fără suprapunere în timp cu celelalte grupuri de electrozi de același tip, ceea
35 ce face ca axele de câmp existente între un grup de electrozi de înaltă tensiune și electrozii
legați la pământ să nu fie perpendiculare pe axa longitudinală a reactorului, și

37 - încărcarea surselor de energie electrică dintre două descărcări succesive la un astfel
de nivel încât, în zona dintre un grup de electrozi de înaltă tensiune și electrozii legați la
39 pământ învecinați, pe durata descărcării, se generează o intensitate E de câmp electric, astfel
că pentru un interval de timp de cel mult $1 \mu s$, de-a lungul axei longitudinale a celulelor
41 materialului de procesat aflat momentan în acea zonă de câmp, este depășită diferența de
potențial $\Delta\phi$ de $10 V$, necesară pentru fisurarea și deschiderea ireversibilă a peretelui celulei.

43 2. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** creșterea tensiunii
până la un maxim de cel mult $1 MV$ durează mai puțin de $100 \mu s$.

45 3. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** materialul de prelucrat
constă din celule biologice sub formă de plante, rădăcini, bulbi, fructe și material de origine
47 animală.

RO 122768 B1

4. Reactor tubular pentru descompunerea și pasteurizarea atermică, continuă, a unor cantități industriale de material organic de prelucrat prin electroporație, **caracterizat prin aceea că** este prevăzut cu o cale de transport a materialului de procesat, incluzând o zonă de formă tubulară, constând dintr-un material dielectric, electrozi legați la pământ dispuși în peretele acestuia într-o primă zonă longitudinală și având partea frontală expusă către spațiul interior liber al reactorului, electrozi de înaltă tensiune dispuși într-o a doua zonă longitudinală a peretelui reactorului, care pot fi încărcăți cu un voltaj înalt și care au partea frontală expusă în spațiul interior liber al reactorului, numiții electrozi de înaltă tensiune fiind combinați în grupuri de electrozi, dispuse unul sub altul și formate din cel puțin un electrod, numitele grupuri fiind astfel dispuse, încât distanța dintre acestea are aceeași dimensiune cu lățimea zonei longitudinale a grupurilor, numiții electrozi de înaltă tensiune fiind separați de zona longitudinală incluzând electrozii legați la pământ, printr-o zonă lipsită de electrozi și având în momentul respectiv o lățime astfel selectată încât, în timpul prelucrării, între două grupuri de electrozi de tipuri diferite, nu poate avea loc o străpungere electrică, însă se poate realiza și menține o intensitate de câmp mai mare de 10 kV/cm, necesară pentru electroporație, iar numita zonă longitudinală cu electrozi legați la pământ fiind poziționată față de electrozii de înaltă tensiune, astfel încât fiecare conexiune de linie de intensitate între un electrod legat la pământ și un grup de electrozi se întinde peste calea de transport a reactorului, dar niciodată nu se produce perpendicular pe axa căii de transport. 1
5. Reactor conform revendicării 4, **caracterizat prin aceea că** electrozii puși sub tensiune înaltă sunt împărțiți în grupuri formate din cel puțin un electrod și fiecare grup este legat, printr-un cablu de înaltă tensiune și un comutator, cu propria sa sursă de înaltă tensiune sau cu un generator. 3
6. Reactor conform revendicării 5, **caracterizat prin aceea că** suprafața fiecărui grup de electrozi de înaltă tensiune este egală cu suma suprafețelor expuse ale electrozilor legați la pământ, învecinați. 5
7. Reactor conform revendicării 6, **caracterizat prin aceea că** raportul dintre suprafața F a unui electrod de înaltă tensiune și distanța d dintre acesta și electrozii legați la pământ imediat învecinați nu depășește valoarea de 0,5 cm. 7
8. Reactor conform revendicării 7, **caracterizat prin aceea că** electrozii sunt astfel distribuiți pe respectiva zonă longitudinală, încât nu există nicio pereche de electrozi formată dintr-un electrod legat la pământ și un electrod de înaltă tensiune, a cărei conexiune în linie dreaptă să fie perpendiculară pe direcția de curgere a materialului de prelucrat, respectiv perpendiculară pe calea prin reactor. 9
9. Reactor conform revendicării 8, **caracterizat prin aceea că** grupurile de electrozi de înaltă tensiune, care pot fi energizate prin aplicarea unei tensiuni înalte, sunt astfel distribuite încât, într-o proiecție perpendiculară pe calea de transport a materialului prin reactor, pe zona longitudinală cu electrozi legați la pământ, niciunul din grupurile de electrozi de înaltă tensiune nu se suprapune cu un electrod legat la pământ. 11

(51) Int.Cl.
B02C 19/18 (2006.01);
A23L 3/32 (2006.01);
A23L 1/025 (2006.01);
C13D 1/08 (2006.01)

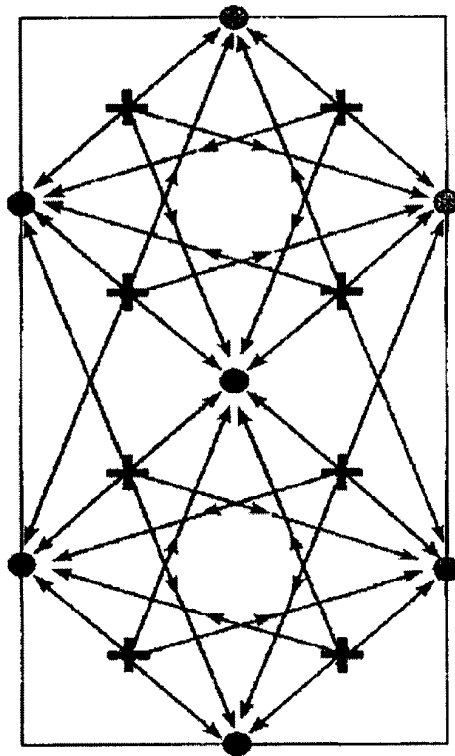


Fig. 1

Reactor cu electrozi pozitivi (+) și legați la pământ (-),
 prevăzuți cu linii de legătură, care redau o orientare spațială grobă
 a câmpului electric. Vedere în plan orizontal, sus în stânga;
 vedere laterală, sus în dreapta; secțiune inferioară a reactorului.

(51) Int.Cl.
B02C 19/18 (2006.01),
A23L 3/32 (2006.01),
A23L 1/025 (2006.01),
C13D 1/08 (2006.01)

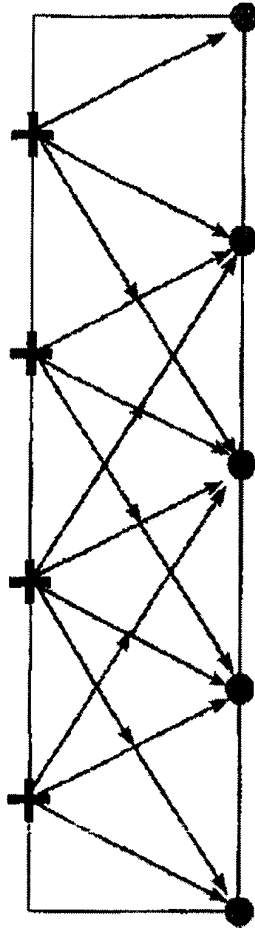


Fig. 2

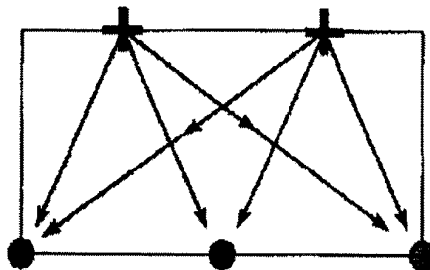


Fig. 3

(51) Int.Cl.
B02C 19/18 (2006.01),
A23L 3/32 (2006.01),
A23L 1/025 (2006.01),
C13D 1/08 (2006.01)

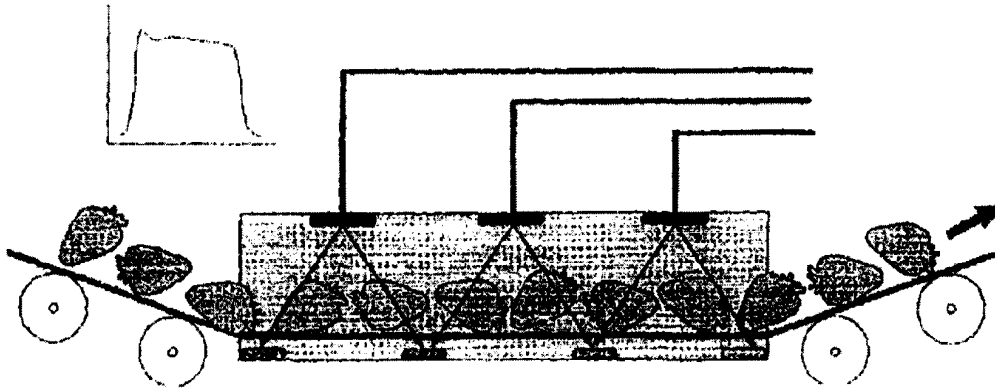


Fig. 4

Intensitatea campului

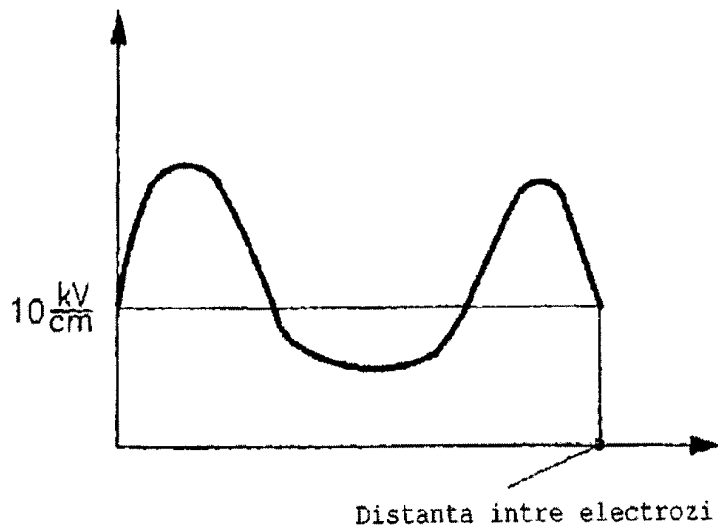


Fig. 5



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci