



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2012 00165**

(22) Data de depozit: **13/03/2012**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/05/2017** BOPI nr. **5/2017**

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

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
CHIMIE ȘI PETROCHIMIE - ICECHIM,
SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR.202,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **STEPAN EMIL, BD. TIMIȘOARA NR.49,
BL.Cc6, SC.A, ET.3, AP.12, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;**

• **OPRESCU ELENA EMILIA,
ALEEA PROFESORILOR NR.6, BL.37 C,
SC.C, AP.46, PLOIEȘTI, PH, RO;**
• **RADU ADRIAN, BD. TIMIȘOARA NR.35,
BL.OD 6, SC.5, AP.174, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **ENĂȘCUȚĂ CRISTINA EMANUELA,
STR.BOZIENI NR.6, BL.832, SC.2, AP.131,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
RO 78145; US 2008/0207927 A1

(54) **PROCEDEU DE PREPARARE PENTRU ACETALII ȘI CETALII
GLICERINEI**



1 Invenția se referă la un procedeu de preparare pentru acetali și cetali glicerinei, pentru
utilizarea ca aditivi/componenti pentru biocarburanți și carburanți clasici de natură petrochimică,
3 sau ca solvenți ecologici.

Se cunosc numeroase procedee de preparare a acetalilor și cetalilor glicerinei.

5 Un astfel de procedeu (**EP 1905767**; **US 20080207927**) are la bază reacția glicerinei cu
aldehide selectate din grupul aldehidei izobutirice, 2-etilhexilice, furfurilice și benzaldehidei,
7 reacția având loc în absența solvenților organici, în prezența acidului fosforic drept catalizator,
luat în raport volumetric de 0,1...0,8% față de glicerină, raportul molar dintre glicerină și aldehydă
9 fiind menținut în intervalul de la 1:1 la 1:1,2, iar temperatura de reacție în intervalul 70...130°C.

Procedeul prezintă dezavantaje legate de utilizarea unui catalizator omogen de tipul
11 acidului fosforic, care, la terminarea reacției, trebuie îndepărtat din mediu, prin neutralizare cu
soluții alcaline, ceea ce, în mod uzual, conduce la ape reziduale.

13 Conform unui alt procedeu, dezvăluit în **WO 2008043947** și **US 20100099894**, acetali
ciclici se sintetizează prin reacția unui compus carbonilic de tip aldehydă, cetonă și/sau acetal
15 liniar (de exemplu heptanal) cu o soluție concentrată de polioli, de exemplu glicerină, cu con-
centrație mai mare de 20%, într-un reactor conținând un catalizator acid. Compusul carbonilic
17 este selectat astfel încât cetalul ciclic rezultat să aibă o solubilitate în apă mai mică de 20 g/kg.
În timpul reacției de sinteză a acetalilor ciclici, cel puțin o fracție de fază organică conținând
19 acetalul ciclic este separată prin extracție din faza apoasă continuă din reactor. Catalizatorul
acid este de tip omogen, caz în care se utilizează catalizatori puternici acizi, solubili în apă, de
21 tip heterogen, când se utilizează un catalizator solid sub formă de rășină, zeolit, sau orice alt
solid acidificat, în mod corespunzător. Metoda de reacție extractivă poate fi utilizată pentru pre-
23 pararea unor conversii și selectivități ridicate.

Procedeul prezintă dezavantaje legate de utilizarea limitată, fiind aplicabil numai la pre-
25 pararea de acetali ciclici cu solubilități în apă mai mici de 20 g/kg. Acetali și cetali ciclici pro-
veniți de la aldehide/cetone cu număr mic de atomi de carbon nu îndeplinesc această condiție,
27 având o solubilitate în apă mult mai mare.

Un alt procedeu de preparare a acetalilor sau cetalilor ciclici, dezvăluit în brevetul
29 **US 5917059**, se bazează pe reacția unor polioli cu 2 până la 12 atomi de carbon, în particular
de tipul glicerinei, etilenglicolului, propilenglicolului, trimetilolpropanului, cu un exces de aldehydă
31 sau cetonă, având 1...6 atomi de carbon și punct de fierbere mai mic de 110°C, în prezența unui
catalizator acid. O parte din aldehydă sau cetonă se îndepărtează din mediul de reacție prin
33 distilare, fiind înlocuită cu aldehydă sau cetonă proaspătă, ceea ce conduce la un raport de
2...30 moli aldehydă sau cetonă pentru 1 mol de polioli, de exemplu glicerină.

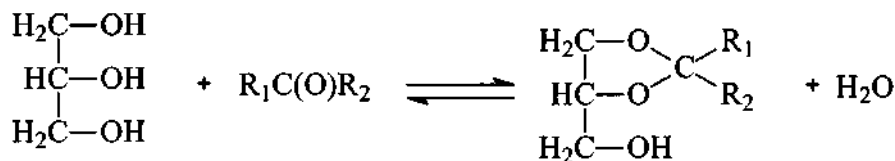
35 Procedeul prezintă dezavantaje legate de utilizarea lui limitată, fiind aplicabil numai
pentru aldehide și cetone cu 1...6 atomi de carbon și punct de fierbere mai mic de 110°C.
37 Înlocuirea continuă a aldehidei sau cetonei distilate cu produs proaspăt conduce la consumuri
mari de reactant (1...29 moli/mol polioli).

39 Conform unui procedeu de preparare a glicerinformalului (**RO 78145**), condensarea
glicerinei se realizează cu formaldehydă în soluție apoasă sau cu paraformaldehidă, în prezența
41 H₂SO₄ drept catalizator. Se îndepărtează apa din sistem prin distilarea azeotropului apă-
benzen, iar reacția se perfectează 3...5 h la 84°C. Catalizatorul acid se neutralizează cu NaOH,
43 iar produsul final se separă prin distilare la vid, cu randamente de 82...85%.

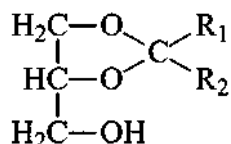
Procedeul prezintă dezavantaje legate de utilizarea H₂SO₄ drept catalizator omogen,
45 care nu se poate recupera, necesitând neutralizare cu NaOH, și de randamentele relativ
scăzute.

47 Problema tehnică pe care urmărește să o rezolve invenția constă în prepararea, cu
randamente mari și purități ridicate, a acetalilor și cetalilor glicerinei.

Soluția propusă constă în condensarea glicerinei cu aldehide sau cetone, conform ecuației de mai jos, în vederea utilizării ca aditivi/componenți performanți pentru biocarburanți sau carburanți de natură petrochimică, respectiv, ca solvenți ecologici.



Procedeul pentru prepararea acetalilor și cetalilor glicerinei conform invenției înlătură dezavantajele menționate anterior prin aceea că glicerina se tratează cu un catalizator heterogen, format din oxizi micști sulfatați, de tip $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2 - \text{La}_2\text{O}_3$, cu raport molar între oxizi de 40:1, calcinat în prealabil la 480°C , luat în proporție de 1,0...1,5% în greutate față de glicerină, se dozează în timp de 5...60 min aldehida sau cetona cu formula $\text{R}_1\text{C}(\text{O})\text{R}_2$ selectată dintre etanal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-$), butanal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$), 2-butenal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-$), hexanal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$), 2-etilhexanal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)-$), 2-etilhexenal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)-$), furan-2-carbaldehida ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=$ ) , ciclohexanona ($\text{R}_1, \text{R}_2=$ ) , butan-2-ona ($\text{R}_2=\text{H}_3\text{C}-$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-$), 4-metilpentan-2-ona ($\text{R}_2=\text{H}_3\text{C}-$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-$), luată în exces de 3...10% față de necesarul stoechiometric, se introduce un solvent organic, care formează amestec azeotropic heterogen cu apa, ales dintre n-heptan, ciclohexan, benzen, toluen, xilen, luat în proporție de 50...70% în greutate față de glicerină, se încălzește masa de reacție până începe distilarea amestecului azeotropic apă-solvent, se separă apa, fiind eliminată din sistem; solventul se reintroduce în mediul de reacție, iar după un timp de 45...240 min se definitivează reacția, prin îndepărtarea totală a apei rezultate ca produs secundar de reacție, se separă catalizatorul heterogen prin filtrare, care poate fi reutilizat la șarjele ulterioare, se îndepărtează din filtrat solventul și excesul de aldehydă sau cetonă, prin distilare atmosferică și la vid, putând fi reutilizate la șarjele ulterioare, iar acetalul sau cetalul glicerinei astfel obținut, având structura conform formulei de mai jos, poate fi utilizat ca atare, având o puritate ridicată, sau poate fi purificat prin distilare la vid.



unde $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-$, $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$; $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-$; $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$; $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)-$; $\text{R}_2=\text{H}$; $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)-$; $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=$  ; $\text{R}_1, \text{R}_2=$  $\text{R}_2=\text{H}_3\text{C}-$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-$; $\text{R}_2=\text{H}_3\text{C}-$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-$.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- asigură consumuri minime de materii prime, prin utilizarea unui exces minim de aldehide sau cetone față de necesarul stoechiometric, a reutilizării la șarjele ulterioare a excesului respectiv, și realizarea unor randamente ridicate, prin deplasarea favorabilă a echilibrului de reacție, ca urmare a îndepărtării rapide a apei de reacție prin distilare azeotropică;

- asigură consumuri energetice reduse, prin conducerea operațiilor tehnologice la presiune atmosferică, temperaturi și timpi de reacție scăzuți, prin utilizarea unui catalizator performant și îndepărtarea rapidă a apei din mediul de reacție;

- procedeul are un grad ridicat de recuperare, și reciclare a catalizatorului heterogen, a solventului și a excesului de aldehydă sau cetonă utilizat.

Se dau, în continuare, 7 exemple de realizare a invenției:

Exemplul 1

Într-o instalație formată dintr-un balon cu 4 gâturi având capacitatea de 3 l, prevăzut cu agitare acționată electric, pâlnie de picurare, termometru, calotă încălzită electric, dispozitiv Dean-Stark pentru separarea apei, asamblat cu un condensator răcitor, se introduc 644 g glicerină. Se pornește agitarea și se introduc în balon 10 g catalizator heterogen format din oxizi micști sulfatați de tip $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2 - \text{La}_2\text{O}_3$, cu raport molar între oxizi de 40:1, calcinat în prealabil la 480°C. Peste amestecul din vas sub agitare, se dozează, prin pâlnia de picurare în timp de 5 min, 721 g ciclohexanonă (5% exces față de necesarul stoechiometric). Se introduc 386 g toluen. Se încălzește masa de reacție până începe distilarea amestecului azeotropic apă-toluen. Apa se separă în dispozitivul Dean-Stark, fiind eliminată pe la partea inferioară a acestuia, iar toluenul separat la partea superioară este reintrodus în balon. După un timp de reacție de 45 min, s-au separat 126 g apă. Se separă catalizatorul heterogen prin filtrare, și poate fi reutilizat la șarjele ulterioare. Se îndepărtează din filtrat toluenul și excesul de ciclohexanonă prin distilare la vid, și pot fi utilizate la șarjele ulterioare. În balon rămân 1190 g cetal al ciclohexanonei (1,2-O-ciclohexiliden-glicerol), cu o puritate de 98,16% determinată prin analiza GC-MS. Produsul obținut cu un randament de 97%, poate fi utilizat ca atare, având o puritate ridicată, sau poate fi purificat prin distilare la vid.

Exemplul 2

Într-o instalație formată dintr-un balon cu 4 gâturi având capacitatea de 3 l, prevăzut cu agitare acționată electric, pâlnie de picurare, termometru, calotă încălzită electric, dispozitiv Dean-Stark pentru separarea apei, asamblat cu un condensator răcitor, se introduc 920 g glicerină. Se pornește agitarea și se introduc în balon 11 g catalizator heterogen format din oxizi micști sulfatați de tip $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2 - \text{La}_2\text{O}_3$, cu raport molar între oxizi de 40:1, calcinat în prealabil la 480°C. Peste amestecul din vas sub agitare, se dozează, prin pâlnia de picurare în timp de 60 min, 484 g etanal [acetaldehydă] (10% exces față de necesarul stoechiometric), răcit în prealabil la 10°C. Se introduc 552 g benzen. Se încălzește masa de reacție până începe distilarea amestecului azeotropic apă-benzen. Apa se separă în dispozitivul Dean-Stark, fiind eliminată pe la partea inferioară a acestuia, iar benzenul separat la partea superioară este reintrodus în balon. După un timp de reacție de 120 min, s-au separat 202 g apă. Se separă catalizatorul heterogen prin filtrare, și poate fi reutilizat la șarjele ulterioare. Se îndepărtează din filtrat benzenul și excesul de etanal prin distilare atmosferică și la vid, și pot fi utilizate la șarjele ulterioare. Rămân în balon 1173 g acetal al etanalului, sub formă de amestec de izomeri *cis* și *trans* ai 2-metil-1,3-dioxolan-4-metanolului și 2-metil-5-hidroxi-m-dioxanului, cu o puritate de 97,34%, determinată prin analiza GC-MS. Produsul obținut cu un randament de 96,8% poate fi utilizat ca atare, având o puritate ridicată, sau poate fi purificat prin distilare la vid.

Exemplul 3

Într-o instalație formată dintr-un balon cu 4 gâturi având capacitatea de 3 l, prevăzut cu agitare acționată electric, pâlnie de picurare, termometru, calotă încălzită electric, dispozitiv Dean-Stark pentru separarea apei, asamblat cu un condensator răcitor, se introduc 828 g glicerină. Se pornește agitarea și se introduc în balon 8 g catalizator heterogen format din oxizi micști sulfatați de tip $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2 - \text{La}_2\text{O}_3$, cu raport molar între oxizi de 40:1, calcinat în prealabil la 480°C. Peste amestecul din vas sub agitare, se dozează, prin pâlnia de picurare în timp de 60 min, 681 g butanal [n-butiraldehidă] (5% exces față de necesarul stoechiometric), răcit în prealabil la 10°C. Se introduc 414 g ciclohexan. Se încălzește masa de reacție până începe distilarea amestecului azeotropic apă-ciclohexan. Apa se separă în dispozitivul Dean-Stark, fiind eliminată pe la partea inferioară a acestuia, iar ciclohexanul separat la partea superioară este reintrodus în balon. După un timp de reacție de 120 min, s-au separat 164 g apă. Se separă catalizatorul prin filtrare, și poate fi reutilizat la șarjele ulterioare. Se îndepărtează din filtrat ciclohexanul și excesul de butanal prin distilare atmosferică și la vid, și pot fi utilizate la șarjele ulterioare. Rămân în balon 1306 g acetal al butanalului, sub formă de amestec de izomeri *cis* și *trans* ai 2-propil-1,3-dioxolan-4-metanolului și 2-propil-5-hidroxi-m-dioxolanului, cu o puritate de 98,52%, determinată prin analiza GC-MS. Produsul obținut cu un randament de 96,2% poate fi utilizat ca atare, având o puritate ridicată, sau poate fi purificat prin distilare la vid.

Exemplul 4

Într-o instalație formată dintr-un balon cu 4 gâturi având capacitatea de 3 l, prevăzut cu agitare acționată electric, pâlnie de picurare, termometru, calotă încălzită electric, dispozitiv Dean-Stark pentru separarea apei, asamblat cu un condensator răcitor, se introduc 736 g glicerină. Se pornește agitarea și se introduc în balon 11 g catalizator heterogen format din oxizi micști sulfatați de tip $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2 - \text{La}_2\text{O}_3$, cu raport molar între oxizi de 40:1, calcinat în prealabil la 480°C. Peste amestecul din vas se dozează sub agitare, prin pâlnia de picurare în timp de 10 min, 841 g 4-metilpentan-2-ona [izobutil metil cetona] (5% exces față de necesarul stoechiometric). Se introduc 515 g n-heptan. Se încălzește masa de reacție până începe distilarea amestecului azeotropic apă-n-heptan. Apa se separă în dispozitivul Dean-Stark, fiind eliminată pe la partea inferioară a acestuia, iar n-heptanul separat la partea superioară este reintrodus în balon. După un timp de reacție de 90 min, s-au separat 143 g apă. Se separă catalizatorul prin filtrare, și poate fi reutilizat la șarjele ulterioare. Se îndepărtează din filtrat n-heptanul și excesul de 4-metilpentan-2-ona prin distilare atmosferică și la vid, și poate fi utilizate la șarjele ulterioare. Rămân în balon 1385 g cet al 4-metilpentan-2-unei (2-metil, 2-izobutil-1,3-dioxolan-4-metanol), cu o puritate de 97,83%, determinată prin analiza GC-MS. Produsul obținut cu un randament de 96,3% poate fi utilizat ca atare, având o puritate ridicată, sau poate fi purificat prin distilare la vid.

Exemplul 5

Într-o instalație formată dintr-un balon cu 4 gâturi având capacitatea de 3 l, prevăzut cu agitare acționată electric, pâlnie de picurare, termometru, calotă încălzită electric, dispozitiv Dean-Stark pentru separarea apei, asamblat cu un condensator răcitor, se introduc 644 g glicerină. Se pornește agitarea și se introduc în balon 10 g catalizator heterogen format din oxizi micști sulfatați de tip $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2 - \text{La}_2\text{O}_3$, cu raport molar între oxizi de 40:1, calcinat în prealabil la 480°C. Peste amestecul din vas se dozează sub agitare, prin pâlnia de picurare în timp de 10 min, 923 g 2-etilhexanal (3% exces față de necesarul stoechiometric). Se introduc 386 g xilen. Se încălzește masa de reacție până începe distilarea amestecului azeotropic apă-xilen. Apa se separă în dispozitivul Dean-Stark, fiind eliminată pe la partea inferioară a acestuia, iar

RO 128997 B1

xilenul separat la partea superioară este reintrodus în balon. După un timp de reacție de 240 min, s-au separat 125 g apă. Se separă catalizatorul prin filtrare, și poate fi reutilizat la șarjele ulterioare. Se îndepărtează din filtrat xilenul și excesul de 2-etilhexanal prin distilare la vid. Rămân în balon 1410 g acetal al 2-etilhexanalului (amestec de izomeri *cis* și *trans* ai 2-(2-etilpentil)-1,3-dioxolan-4-metanolului și 2-(2-etilpentil)-5-hidroxi-m-dioxanului), cu o puritate de 96,73%, determinată prin analiza GC-MS. Produsul obținut cu un randament de 96,4% poate fi utilizat ca atare, având o puritate ridicată, sau poate fi purificat prin distilare la vid.

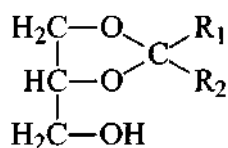
Exemplul 6

Se respectă procedeul descris în exemplul 5, înlocuindu-se 2-etilhexanalul cu 2-etilhexenal sau cu hexanal. Randamentele și puritățile acetalilor obținuți, se încadrează în limitele valorilor prezentate în exemplele de mai sus.

Exemplul 7

Se respectă procedeul descris în exemplul 3, înlocuindu-se butanalul cu but-2-enal (crotonaldehida), cu butan-2-ona (metil etil cetona), sau cu furan-2-carbaldehida (furfural). Randamentele și puritățile cetalului obținut, se încadrează în limitele valorilor prezentate în exemplele de mai sus.

1. Procedeu de preparare a unor acetali și cetali ai glicerinei, prin reacții de condensare a glicerinei cu aldehide sau cetone, **caracterizat prin aceea că** glicerina se tratează cu un catalizator heterogen format din oxizi micști sulfatați de tip $\text{SO}_4^{2-}/\text{TiO}_2 - \text{La}_2\text{O}_3$, cu raport molar între oxizi de 40:1, calcinat în prealabil la 480°C , luat în proporție de 1,0...1,5% în greutate față de glicerină, se dozează în timp de 5...60 min aldehida sau cetona luată în exces de 3...10% față de necesarul stoechiometric, se introduce un solvent organic care formează amestec azeotropic heterogen cu apa, luat în proporție de 50...70% în greutate față de glicerină, se încălzește masa de reacție până începe distilarea amestecului azeotropic apă-solvent, se separă apa, fiind eliminată din sistem, solventul se reintroduce în mediul de reacție, iar după un timp de 45...240 min se definitivează reacția, prin îndepărtarea totală a apei rezultate ca produs secundar de reacție, se separă catalizatorul heterogen prin filtrare, și poate fi reutilizat la șarjele ulterioare, se îndepărtează din filtrat solventul și excesul de aldehydă sau cetonă, prin distilare atmosferică și la vid, și pot fi reutilizate la șarjele ulterioare, iar acetalul sau cetatul glicerinei având structura conform formulei de mai jos poate fi utilizat ca atare, având o puritate ridicată, sau poate fi purificat prin distilare la vid.



unde $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-$, $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$; $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-$; $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$; $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)-$; $\text{R}_2=\text{H}$; $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2=\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)-$; $\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=$ ; $\text{R}_1, \text{R}_2=$  $\text{R}_2=\text{H}_3\text{C}-$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-$; $\text{R}_2=\text{H}_3\text{C}-$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-$.

2. Procedeu conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** aldehidele și cetonele cu formula $\text{R}_1\text{C}(\text{O})\text{R}_2$ sunt selectate dintre etanal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-$), butanal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$), 2-butenal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}=\text{CH}$), hexanal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$), 2-etilhexanal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)-$), 2-etilhexenal ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)-$), furan-2-carbaldehida ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=$ ), ciclohexanona ($\text{R}_2=\text{H}$, $\text{R}_1=$ ) , butan-2-ona ($\text{R}_2 = \text{H}_3\text{C}-$, $\text{R}_1 = \text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-$), 4-metilpentan-2-ona ($\text{R}_2=\text{H}_3\text{C}-$, $\text{R}_1=\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-$), iar solventul organic, care formează amestec azeotropic heterogen cu apă, este selectat dintre n-heptan, ciclohexan, benzen, toluen, xilen.

