

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : **2 643 367**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **89 02327**

⑤1 Int Cl<sup>5</sup> : C 07 C 53/124, 51/48; C 12 P 7/62 // 7/52.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 21 février 1989.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 34 du 24 août 1990.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE.* —  
FR.

⑦2 Inventeur(s) : Françoise Fayolle ; Rémy Marchal ; Frédé-  
ric Monot ; Daniel Ballerini.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) :

⑤4 Procédé d'extraction de l'acide n-butyrique normal obtenu par fermentation.

⑤7 On décrit un procédé de séparation et de récupération  
d'acide butyrique normal à partir d'un moût de fermentation le  
contenant.

On acidifie, selon l'invention, le moût à pH égal à 9,5 dans  
des conditions telles que l'on produit un mélange d'acides en  
solution aqueuse comprenant de l'acide n-butyrique et de  
l'acide acétique. On effectue une extraction de l'acide n-buty-  
rique par au moins un solvant hydrocarboné aliphatique ou  
alicyclique ayant au moins 5 atomes de carbone et un point  
d'ébullition inférieur à celui de l'acide n-butyrique. L'extraction  
est effectuée dans un rapport volumique solvant : solution  
d'environ 0,5 :1 à 10 :1. On produit une phase organique  
contenant la majeure partie de l'acide n-butyrique avec une  
pureté supérieure à 97 % et une mineure partie d'acide acé-  
tique, et une phase aqueuse que l'on sépare. Après évapora-  
tion de la phase organique l'acide n-butyrique est recueilli.

Application aux industries alimentaires et de la parfumerie.

FR 2 643 367 - A1

D

La présente invention concerne un procédé de séparation et de récupération d'acide butyrique normal sous forme libre ou estérifiée à partir d'un mélange contenant de l'acide n-butyrique et de l'acide acétique et plus spécialement à partir d'un moût de fermentation en solution aqueuse.

Elle s'applique particulièrement à la synthèse d'acide n-butyrique qui est utilisé comme élément de base pour les arômes dans l'industrie alimentaire et pour les parfums.

10

Il est connu selon le brevet US 1835700 d'isoler l'acide n-butyrique produit par voie fermentaire. La méthodologie à laquelle on a recours le plus fréquemment consiste à neutraliser le moût obtenu après fermentation, à concentrer les sels obtenus jusqu'à l'obtention d'un résidu sec et à acidifier par un acide minéral fort, le résidu afin de libérer sous forme protonée les acides organiques d'origine fermentaire. Ces derniers sont distillés et les acides n-butyrique et acétique sont répartis suivant des proportions variables dans plusieurs coupes de distillation. Elles sont ensuite refractionnées et les distillats respectifs sont combinés afin de recueillir séparément l'acide n-butyrique et l'acide acétique.

Il est encore possible d'améliorer ce procédé en diminuant la consommation de réactifs avec l'utilisation par exemple de  $\text{CO}_2$  sous pression dans l'étape de protonation du butyrate (US Pat. 1946419). Il reste malgré tout que l'ensemble de l'opération reste extrêmement  
5 coûteuse en énergie du fait de l'évaporation à sec du moût de fermentation et des nombreuses distillations en aval. La présente invention permet notamment d'éviter tout ou partie de cette évaporation.

On a découvert de façon surprenante par un procédé simple et  
10 économique que l'acide n-butyrique pouvait être obtenu de façon très sélective avec un bon rendement et avec une pureté excellente et suffisante pour que l'acide soit directement utilisable dans l'industrie.

15 L'invention concerne donc un procédé de séparation et de récupération d'acide butyrique normal à partir d'un moût de fermentation le contenant ou contenant un mélange d'acide n-butyrique et d'acide acétique ou de leurs sels, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- 20 a/ on acidifie le moût à pH sensiblement égal à 1,5 dans des conditions telles que l'on produit un mélange d'acides en solution aqueuse comprenant de l'acide n-butyrique et de l'acide acétique,
- b/ on effectue une extraction de l'acide n-butyrique par au moins un  
25 solvant hydrocarboné aliphatique ou alicyclique ayant au moins 5 atomes de carbone et un point d'ébullition inférieur à celui de l'acide n-butyrique, ladite extraction étant effectuée dans un rapport volumique entre le solvant et la solution respectivement d'environ 0,5:1 à 10:1 et l'on produit deux phases, une phase organique contenant la majeure partie de l'acide n-butyrique et une  
30 mineure partie d'acide acétique et une phase aqueuse, que l'on sépare ; et
- c/ on évapore la phase organique et on recueille l'acide n-butyrique.

Les solvants hydrocarbonés aliphatiques ou alicycliques préconisés ont une toxicité sensiblement nulle pour l'homme et son environnement en ce sens qu'ils peuvent être utilisés à une fin alimentaire. Le sont notamment ceux dont l'utilisation est contrôlée par la directive n° 5 L157/28 du Journal Officiel des Communautés Européennes (24/6/88).

La solubilité du solvant dans l'eau est avantageusement inférieure à 0,5 g/l et l'eau a par ailleurs dans le solvant considéré une solubilité généralement inférieure à 2 g/l et de préférence inférieure 10 à 0,5 g/l. Par ailleurs, le point d'ébullition du solvant choisi est avantageusement inférieur de 10°C par exemple à celui de l'acide n-butyrique (PE = 163,5°C).

On peut utiliser une coupe pétrolière d'hydrocarbures saturés ayant 15 les trois caractéristiques ci-dessus.

On utilise avantageusement le n-pentane, le n-hexane, le n-heptane, le n-octane, le n-nonane, l'isooctane et le cyclohexane seuls ou en mélange.

20

De préférence l'hexane, l'heptane et le cyclohexane peuvent être utilisés en raison de leur facilité de mise en oeuvre lors des étapes d'extraction et d'évaporation.

25

La présente invention présente l'avantage par rapport à l'art antérieur d'éviter d'évaporer la phase aqueuse jusqu'à l'obtention d'un résidu sec et d'être un procédé économique dans la mesure où l'on évite les étapes de distillation de plusieurs fractions. Elle présente aussi l'avantage de permettre en une seule étape une extraction sélective de 30 l'acide n-butyrique à partir d'un moût de fermentation contenant également de l'acide acétique.

On a observé de manière inattendue que le procédé selon l'invention ne s'appliquait qu'à la séparation et à la récupération d'acide 35 n-butyrique. On a en effet remarqué que la séparation et la

récupération d'acide propionique qui serait contenu dans le moût d'une fermentation propionique conduisant à un mélange d'acides propionique et acétique ne pourraient pas être effectuées selon le procédé de l'invention. Par ailleurs, la pureté de l'acide n-butyrique récupéré est excellente par rapport à la pureté du même acide récupéré par des solvants n'entrant pas dans le cadre de l'invention.

Le milieu de fermentation est généralement le suivant :

Il comprend un substrat sucré contenant des hydrates de carbone sous forme monosaccharides tels que le glucose et le fructose, provenant de l'hydrolyse acide ou enzymatique, dans des conditions connues de l'Homme de métier, les disaccharides et/ou polysaccharides contenus dans les matières premières telles que les jus sucrés obtenus par pressage ou diffusion de betteraves, de la canne à sucre et/ou du topinambour, les sirops, les égouts et les mélasses de sucrerie, les farines de céréales (blé, orge), les farines de maïs et la fécule de pomme de terre. Il est soumis à la fermentation par une souche de Clostridium choisie parmi Clostridium butyricum, Clostridium pasteurianum, Clostridium acétobutylicum, Clostridium beijerinckii et préférentiellement une souche de Clostridium tyrobutyricum telle que Clostridium tyrobutyricum IFP 923 ou CNRZ 596.

La fermentation est en général conduite à un pH compris entre 5,5 et 8,0 et à une température entre 20 et 40°C. Elle aboutit à un moût de fermentation contenant de l'acide n-butyrique et de l'acide acétique.

Le procédé est généralement applicable pour des teneurs en acide n-butyrique supérieures par exemple à 10 g/l. Pour des teneurs inférieures ou pour réaliser l'opération d'extraction dans des conditions de coût économique et de mise en oeuvre facile, on peut, selon une autre caractéristique du procédé, concentrer le moût de fermentation d'un facteur 1 à 4 par exemple par évaporation du moût de fermentation ou de préférence par électrodialyse. Le dialysat obtenu est ensuite acidifié selon l'étape a/ tandis que le résidu de l'électrodialyse contenant les éléments nutritifs résiduels peut être

recyclé pour la préparation du milieu d'une fermentation consécutive.

L'acidification selon l'étape a/ est généralement effectuée en présence d'un acide minéral fort tels que  $H_2SO_4$ , HCl ou  $H_3PO_4$  à une concentration allant de l'acide pur à une solution normale.

La phase d'extraction peut être effectuée en discontinu sous agitation ou avantageusement en continu et à une température comprise entre l'ambiante et la température d'ébullition du solvant choisi pour l'extraction. Le rapport en volume entre le solvant et l'eau est avantageusement compris entre 1:1 et 6:1 et permet dans ces conditions d'obtenir un bon rendement en récupération d'acide n-butyrique, avec une excellente pureté.

L'opération d'extraction en continu s'effectue habituellement à reflux de solvant dans un perforateur de Jalade avec les mêmes rapports solvant:moût de fermentation.

La phase organique contenant l'acide n-butyrique et la phase aqueuse contenant l'acide acétique sont séparés après décantation.

On peut évaporer le solvant organique selon l'étape c/ et recueillir l'acide n-butyrique, ou bien si le produit final recherché est un ester de l'acide n-butyrique, procéder à une estérification enzymatique directement dans la phase organique par action d'une lipase sans évaporer le solvant puisque les hydrocarbures saturés et en particulier l'hexane sont compatibles avec l'estérification par voie enzymatique. On procède généralement en présence d'un alcool qui est de préférence primaire ou secondaire et de façon avantageuse primaire et dont les esters de l'acide n-butyrique entrent dans la composition des arômes des parfums. Ceci inclut, par exemple, l'éthanol, l'alcool amylique, l'alcool isoamylique, le géraniol, etc...

On effectue l'estérification dans des conditions de concentration en acide n-butyrique dans le solvant d'extraction pouvant aller jusqu'à

la saturation et même au-delà, la teneur en eau du solvant ne dépassant pas 0,2 %. Le rapport des concentrations molaires entre l'alcool choisi et l'acide n-butyrique est compris généralement entre 10 et 0,1, de façon avantageuse entre 2 et 0,5 et de façon préférée dans un rapport 5 entre 1,2 et 0,9. On utilise une lipase sous forme de poudre provenant de microorganismes appartenant au genre Mucor, Candida, Aspergillus, Chromobacterium, Geotrichum, Rhizopus, Penicillium, Humicola, Alcalignes, Pseudomonas, ou du pancréas de porc, aux concentrations comprises entre 0,5 et 100 g.l<sup>-1</sup> et avantageusement entre 2,5 et 25 10 g.l<sup>-1</sup>. La lipase peut être utilisée sous forme libre ou immobilisée suivant les méthodes connues de l'Homme de métier. La température de réaction est choisie en fonction de l'origine de la lipase utilisée.

En fin de réaction, le solvant peut être évaporé et l'ester d'acide 15 n-butyrique récupéré.

Le procédé selon l'invention permet d'obtenir un rendement de récupération en acide n-butyrique, en général au moins égal à 40 %, avantageusement au moins égal à 70 % et de façon préférée au moins égal 20 à 85 % avec une pureté supérieure à 27 %, par exemple entre 98 et 99 %.

L'invention sera mieux comprise à partir des exemples qui servent à illustrer l'invention sans en limiter sa portée.

#### 25 EXEMPLE 1

Les acides n-butyrique et acétique sont produits au cours d'une fermentation mettant en oeuvre la souche de Clostridium tyrobutyricum IFP 923. La fermentation est réalisée sur un milieu à base d'hydrolysats 30 de farine de blé préparé selon le protocole suivant : un lait de farine à 38,3 % de matière sèche est préparé dans l'eau. Après avoir amené le pH à 6,2 avec NH<sub>4</sub>OH 2N, il est soumis à une liquéfaction par réaction d'une enzyme  $\alpha$ -amylase Termamyl 60 (NOVO) à 0,5 g/kg de farine brute pendant 2 heures à 90°C. L'étape suivante est la saccharification 35 réalisée à pH 4,6 (pH ramené avec H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) par action d'une enzyme

amyloglucosidase AMG 150L (NOVO) à 1,6 ml/kg de farine brute pendant 66 heures à 60°C.

L'hydrolysate de farine est alors centrifugé afin d'éliminer le 5 gluten. On obtient une teneur en glucose d'environ 370 à 380 g/l.

Le milieu de fermentation est le suivant :

- Glucose amené par l'hydrolysate de farine .... 2 g/l
- Extrait de levure ..... 8,7 g/l
- 10 ●  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ..... 1,7 g/l
- $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ..... 2,6 g/l
- $\text{MgSO}_4, 7 \text{H}_2\text{O}$  ..... 1 g/l
- $\text{FeSO}_4, 7 \text{H}_2\text{O}$  ..... 52 mg/l

15 2,3 litres de ce milieu sont placés dans un fermenteur de laboratoire de 6 litres et l'ensemble est stérilisé pendant 40 minutes à 110°C dans un autoclave, puis après refroidissement à 35°C, le pH est ajusté à 6,5 par addition d'ammoniaque à 10 % (poids/volume). Ce milieu est alors ensemencé anaérobiquement avec une préculture de la souche 20 IFP 923.

Lorsque la concentration en glucose dans le milieu réactionnel atteint zéro, on démarre l'alimentation en hydrolysate de farine à 370 g/l de glucose à un débit horaire constant correspondant à 8 g de 25 glucose/l de milieu réactionnel initial.

Le pH de la fermentation est maintenu à 6,5 par apport constant d'ammoniaque à 10 %.

30 On obtient en fin de fermentation un moût ayant une teneur en acide n-butyrique de  $49,5 \text{ g.l}^{-1}$  et en acide acétique de  $3,5 \text{ g.l}^{-1}$ , ce qui correspond à la transformation de  $108 \text{ g.l}^{-1}$  de substrat glucosé.

160 ml de ce moût sont ensuite acidifiés par addition de 10 ml 35 d'acide chlorhydrique (12 M) jusqu'à pH égal à 1,5 et soumis, sous

agitation violente, à une extraction à l'hexane mettant en oeuvre un volume égal de phase organique (soit 170 ml) et de phase aqueuse.

Après séparation des phases par décantation, on récupère  $23,5 \text{ g.l}^{-1}$  d'acide n-butyrique dans la phase hexane (soit un rendement d'extraction de 47,5 %) et  $0,25 \text{ g.l}^{-1}$  d'acide acétique seulement dans cette même phase hexane (soit un rendement d'extraction de 7,0 %). On peut alors soit procéder à la récupération de l'acide n-butyrique à une pureté de 98,9 % par évaporation de l'hexane ou bien, si le produit final recherché est un ester, procéder à une estérification enzymatique de l'acide n-butyrique directement dans la phase organique par action d'une lipase. Pour cela, on dilue la solution d'acide n-butyrique obtenue dans l'hexane à  $23,5 \text{ g.l}^{-1}$  comme préparée ci-dessus jusqu'à une concentration de 0,103 M. On ajoute de l'alcool amylique normal à la concentration de 0,12 M. On incorpore ensuite 42,6 mg de lipase de Mucor miehei (GIST BROCARDS) pour un volume final de 10 ml. Une solution témoin sans addition d'enzyme est réalisée parallèlement. Les deux solutions sont mises sous agitation à température de 30°C.

On peut doser la baisse de l'acidité dans l'échantillon considéré par titration comme connu de l'Homme du métier ou doser l'apparition d'ester ou la disparition de l'acide n-butyrique par chromatographie en phase gazeuse.

Après un temps de réaction de 24 heures on a formé 0,09 M de n-amybutyrate (soit un taux de conversion de 90 %) et après un temps de réaction de 70 h on a formé 0,097 M de n-amybutyrate (soit un taux de conversion de 97 %).

Des résultats similaires peuvent être obtenus en utilisant l'alcool isoamylique.

Après formation de l'ester, on peut récupérer celui-ci par évaporation de l'hexane.

EXEMPLE 2

On répète l'exemple 1 en utilisant 5 volumes d'hexane par volume de moût de fermentation acidifié au lieu de 1. On récupère de cette façon 5 dans la phase organique l'acide n-butyrique à la concentration de 7,0 g.l<sup>-1</sup> compte tenu de la dilution amenée par le rapport d'extraction avec une pureté de 99 %. Les rendements d'extraction pour l'acide n-butyrique et l'acide acétique sont respectivement de 71 % et 8,5 %.

10 EXEMPLE 3

Après fermentation, le moût est chauffé à la température de 100°C pendant 20 minutes. Il est ensuite centrifugé à 27 000 g pendant 20 minutes. Le moût chauffé et centrifugé est alors concentré par trois 15 passages successifs dans un électrodialyseur jusqu'à l'obtention d'une solution concentrée à 124 g.l<sup>-1</sup> d'acide n-butyrique et 9,0 g.l<sup>-1</sup> d'acide acétique, soit un facteur de concentration de 2,5. Le moût épuisé en acides est recyclé pour la préparation d'une nouvelle charge de milieu de culture qui est fermenté sans modification de la 20 productivité en acide n-butyrique. Le concentrat est traité comme dans l'exemple 1 à la place du moût de fermentation (rapport solvant:phase aqueuse, 1:1). On récupère alors 93,5 g.l<sup>-1</sup> d'acide n-butyrique (soit un rendement d'extraction de 75,4 %) et 1,9 g.l<sup>-1</sup> d'acide acétique (soit un rendement d'extraction de 21 %) dans la phase organique. La 25 pureté de l'acide n-butyrique dans l'hexane est de 98 %.

Ce concentrat peut également être alternativement traité comme dans l'exemple 2 (rapport solvant:phase aqueuse, 5:1). On récupère alors dans la phase organique 21,7 g.l<sup>-1</sup> d'acide n-butyrique ce qui 30 correspond, compte tenu de la dilution amenée par le rapport solvant:phase aqueuse, à un rendement d'extraction de 87,5 % et 0,52 g.l<sup>-1</sup> d'acide acétique, soit un rendement de 28 %. La pureté de l'acide n-butyrique obtenu dans l'hexane est de 98 %. On peut évaporer la phase organique ou procéder à une estérification enzymatique comme indiqué 35 dans l'exemple 1.

EXEMPLE 4 : comparatif

On répète l'exemple 3 en remplaçant l'hexane par l'acétate d'éthyl. Après extraction par 5 volumes de phase organique par volume de phase aqueuse, on récupère dans la phase organique  $23 \text{ g.l}^{-1}$  d'acide n-butyrique (soit un rendement d'extraction de 95,5 % compte tenu de la dilution amenée par le rapport d'extraction) et  $0,9 \text{ g.l}^{-1}$  d'acide acétique (soit un rendement d'extraction de 50 %). Le degré de pureté de l'acide n-butyrique est de 96 % seulement.

10

EXEMPLE 5 : comparatif

On réalise une fermentation mettant en oeuvre une souche de Propionibacterium pensenii IP 6435. On prépare 3,6 litres d'un milieu de fermentation contenant :

	● Glucose .....	60	g/l
	● Extrait de levure ...	5	g/l
	● NaCl .....	20	mg/l
20	● $\text{CaCl}_2$ .....	20	mg/l
	● $\text{MnSO}_4, \text{H}_2\text{O}$ .....	5	mg/l
	● $\text{FeSO}_4, 7 \text{H}_2\text{O}$ .....	30	mg/l
	● $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .....	1,5	g/l
	● $\text{MgSO}_4, 7 \text{H}_2\text{O}$ .....	0,6	g/l

25

Ce milieu placé dans un fermenteur de laboratoire de 6 litres est stérilisé pendant 40 minutes à  $110^\circ\text{C}$  dans un autoclave, puis après refroidissement à  $35^\circ\text{C}$  le pH est ajusté à 7,0 par addition d'ammoniaque à 10 % (poids/volume). Ce milieu est alorsensemencé anaérobiquement avec 400 ml de préculture de la souche IP 6435. Le pH est régulé à 7,0 par apport constant d'ammoniaque à 10 %.

30

En fin de fermentation, on obtient un moût contenant  $19 \text{ g.l}^{-1}$  d'acide propionique et  $13 \text{ g.l}^{-1}$  d'acide acétique.

On procède à une extraction comme décrit dans l'exemple 1.

Après séparation des phases par décantation, on récupère dans la phase solvant seulement  $1,4 \text{ g.l}^{-1}$  d'acide propionique (soit un rendement d'extraction de 6 %) et  $0,9 \text{ g.l}^{-1}$  d'acide acétique (soit un rendement d'extraction de 7 %).

EXEMPLE 6 : extraction en continu

10 On répète l'exemple 3 avec le concentrat obtenu par électrolyse en remplaçant l'extraction discontinue à l'hexane par une extraction en continu dans un perforateur de Jalade à reflux de solvant à la température de  $70^{\circ}\text{C}$ . Après 24 heures d'extraction à l'hexane à raison de 5 volumes d'hexane par volume de phase aqueuse on récupère 97 % de  
15 l'acide n-butyrique de départ (avec une pureté supérieure à 99,5 %) et 6,7 % d'acide acétique de départ.

EXEMPLE 7

20 On répète l'exemple 1 en remplaçant l'hexane par d'autres hydrocarbures listés dans le tableau 1 comme des alcanes linéaire et ramifié, comme des hydrocarbures alicycliques saturé et insaturé et on effectue l'extraction comme décrit dans cet exemple. Les quantités d'acides obtenues dans les différentes phases organiques sont indiquées  
25 dans le tableau 1.

TABLEAU 1 : Extraction du moût de fermentation n-butyrique par divers solvants

Solvants d'extraction	Concentration de l'acide n-butyrique dans la phase organique (g/l)	Rendement d'extraction de l'acide n-butyrique (%)	Concentration de l'acide acétique dans la phase organique (g/l)	Rendement d'extraction de l'acide acétique (%)	Pureté de l'acide n-butyrique dans le solvant (%)
Pentane	39,0	78,7	0,3	8,5	99,2
Cyclohexane	23,6	47,6	0,25	7,1	98,9
Heptane	22,7	45,8	0,25	7,1	98,9
Octane	21,2	42,8	0,2	5,7	99,0
Isooctane	21,0	42,4	0,2	5,7	99,0
Cyclohexène	23,0	46,4	0,3	8,5	98,7

RE V E N D I C A T I O N S

1. Procédé de séparation et de récupération d'acide butyrique normal à partir d'un moût de fermentation le contenant ou contenant un  
5 mélange d'acide n-butyrique et d'acide acétique ou de leurs sels, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :
  - a/ on acidifie le moût à pH sensiblement égal à 1,5 dans des conditions telles que l'on produit un mélange d'acides en solution aqueuse comprenant de l'acide n-butyrique et de l'acide  
10 acétique,
  - b/ on effectue une extraction de l'acide n-butyrique par au moins un solvant hydrocarboné aliphatique ou alicyclique ayant au moins 5 atomes de carbone et un point d'ébullition inférieur à celui de l'acide n-butyrique, ladite extraction étant effectuée dans un  
15 rapport volumique entre le solvant et la solution respectivement d'environ 0,5:1 à 10:1 et l'on produit deux phases, une phase organique contenant la majeure partie de l'acide n-butyrique et une mineure partie d'acide acétique et une phase aqueuse, que l'on sépare ; et
  - 20 c/ on évapore la phase organique et on recueille l'acide n-butyrique.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel après l'étape b/, on effectue une estérification enzymatique directement dans la phase  
25 organique par action d'une lipase appropriée dans des conditions d'estérification, puis on évapore la phase organique selon l'étape c/ et on recueille l'acide n-butyrique sous forme d'ester.
3. Procédé selon les revendications 1 et 2 dans lequel le moût est  
30 acidifié par de l'acide chlorhydrique, de l'acide sulfurique ou de l'acide phosphorique.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le rapport volumique entre le solvant et la solution aqueuse dans l'étape b/ est respectivement d'environ 3:1 à 6:1.
- 5 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 dans lequel le solvant hydrocarboné est choisi dans le groupe formé par le n-pentane, le n-hexane, le n-heptane, le n-octane, le n-nonane, l'isooctane, le cyclohexane et leurs mélanges.
- 10 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 dans lequel, avant l'étape a/, on concentre le moût par évaporation d'un facteur 1 à 4.
- 15 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 dans lequel avant l'étape a/, on concentre le moût par électrodialyse qui produit un résidu qui est recyclé dans un milieu de culture pour une fermentation consécutive, et un dialysat qui est acidifié selon l'étape a/.
- 20 8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7 dans lequel l'étape d'extraction est effectuée en continu à une température comprise entre l'ambiante et celle du solvant.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel l'acide n-butyrique récupéré a une pureté supérieure à 97 %.