



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105409** (13) **C2**  
(51) МПК (2014.01)  
**C07D 201/00**  
**C07D 223/10** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки:	<b>а 2012 08949</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и):	<b>Гьойт Рудолф Філіпус Марія (NL), ван дер Дус Томас (NL), Рамсдонк Лауріна Маделейне (NL)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки:	<b>22.12.2010</b>	<b>(73)</b> Власник(и):	<b>ДСМ АЙПІ АСЕТС Б.В., Het Overloon 1, NL-6411 TE Heerlen, The Netherlands (NL)</b>
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>12.05.2014</b>	<b>(74)</b> Представник:	<b>Слободянюк Алла Василівна, реєстр. №25</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>09180383.3</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>WO 2005068643 A, 28.07.2005 US 6194572 B1, 27.02.2001 US 2007149777 A1, 28.06.2007 WO 9911616 A1, 11.03.1999</b>
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>22.12.2009</b>		
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>EP</b>		
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку:	<b>25.10.2012, Бюл.№ 20</b>		
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>12.05.2014, Бюл.№ 9</b>		
<b>(86)</b> Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>PCT/NL2010/050878, 22.12.2010</b>		

**(54) ОТРИМАННЯ КАПРОЛАКТАМУ З 6-АМІНОКАПРОНОВОЇ КИСЛОТИ, ОДЕРЖАНОЇ В ПРОЦЕСІ ФЕРМЕНТАЦІЇ**

**(57) Реферат:**

Даний винахід належить до способу отримання капролактаму, який включає витягання суміші, що містить 6-амінокапронову кислоту, з культурального середовища, що включає біомасу, і після чого здійснюють циклізацію 6-амінокапронової кислоти у присутності перегрітої пари, таким чином, утворюючи капролактаму, причому у зазначеній суміші масове відношення вуглеводу до 6-амінокапронової кислоти складає 0,03 або менше.

UA 105409 C2



Область техніки, до якої відноситься винахід

Даний винахід відноситься до способу отримання  $\epsilon$ -капролактаму (надалі, капролактаму або CAP) з отриманої біохімічно 6-амінокапронової кислоти (надалі, 6-ACA).

Рівень техніки

Капролактамом є лактам, який може бути використаний для виробництва поліаміду, наприклад, нейлону-6. З рівня техніки відомі різні способи отримання капролактаму з промислових хімічних продуктів, які включають отримання капролактаму з толуолу або бензолу. Ці сполуки зазвичай отримують з нафтопродуктів. Враховуючи зростаючу потребу в отриманні матеріалів з використанням технології, що не забруднює навколишнє середовище, було б бажано розробити спосіб, в якому капролактаму виходить з проміжної сполуки, яка може бути вироблена з біологічно поновлюваного джерела, або принаймні, з проміжної сполуки, яка перетворюється на капролактаму з використанням біохімічного способу. Крім того, було б бажано розробити спосіб, який надає меншу дію на навколишнє середовище, ніж традиційні хімічні способи, в яких використовуються промислові хімічні продукти нафтохімічного походження, особливо спосіб з меншою потребою в енергії та/або із зниженим викидом діоксиду вуглецю, ніж у зазначених традиційних способах.

У документі WO 2005/068643 описано, що капролактаму може бути отриманий з 6-ACA, яка була вироблена біохімічно, шляхом перетворення 6-аміногекс-2-енової кислоти (6-AHEA) у присутності ферменту, що володіє активністю  $\alpha$ ,  $\omega$ -еноат-редуктази. Для отримання капролактаму з 6-ACA приведено посилання на патент US 6194572.

У патенті US 6194572 описано отримання капролактаму шляхом обробки 6-амінокапронової кислоти, ефіру 6-амінокапронової кислоти, або амідів 6-амінокапронової кислоти, або сумішей, що містять, принаймні, дві з зазначених сполук, у присутності перегрітої пари, в якому одержують газоподібну суміш, що містить капролактаму і пару, причому процес здійснюється в реакторі циклізації, у відсутність каталізатора, при температурі між 250 і 400 °C під тиском між 0,5 і 2 МПа. У переважному варіанті здійснення, капролактаму одержують з реакційної суміші, що містить 6-амінокапронову кислоту, ефір 6-амінокапронової кислоти, або амід 6-амінокапронової кислоти, необов'язково капролактаму та необов'язково олігомери зазначених сполук.

Спосіб, спеціально присвячений отриманню капролактаму шляхом циклізації 6-ACA, отриманої в процесі ферментації, детально не описаний в документі WO 2005/068643, а також не описано очищення отриманого таким чином капролактаму.

Автори винаходу прийшли до висновку, що, хоча можливе введення продукту біохімічного процесу, безпосередньо в реактор циклізації, якщо безпосередній продукт процесу ферментації (6-ACA в бульйоні ферментації) піддається циклізації в реакторі циклізації, з використанням типових умов циклізації, вихід капролактаму є відносно невеликим. Більш того, автори винаходу прийшли до висновку, що очищення отриманого таким чином сирого капролактаму, є серйозною проблемою.

Мета справжнього винаходу полягає в розробці нового способу отримання капролактаму з 6-ACA, виробленого в біохімічному процесі, зокрема такого способу, який дозволяє отримати хороший вихід капролактаму.

Отже, справжній винахід відноситься до способу отримання капролактаму, який включає витягання суміші, що містить 6-амінокапронову кислоту, з культурального середовища, яке включає біомасу, і після чого проводять циклізацію 6-амінокапронової кислоти у присутності перегрітої пари, з утворенням таким чином капролактаму, де у зазначеній суміші співвідношення мас вуглеводу до 6-амінокапронової кислоти складає 0,03 або менше. Зокрема, зазначене співвідношення може дорівнювати 0,025 або менше, або 0,02 або менше, або 0,01 або менше, або навіть менше, ніж 0,005. Зазначене співвідношення може дорівнювати нулю або більше, зокрема 0,001 або більше. Таким чином, зазначене співвідношення знаходитиметься в діапазоні від 0 до 0,03.

Культуральним середовищем може бути зокрема культуральне середовище, використовуване для виробництва 6-ACA в процесі ферментації. У винаході термін "ферментація" використовується в звичайному сенсі для промислового процесу, в якому застосовують організм для перетворення, принаймні, однієї (органічного) речовини, принаймні, в одну іншу (органічну) речовину. Процес ферментації може протікати в аеробних, анаеробних умовах, тобто при обмеженому надходженні кисню.

В процесі ферментації виходить продукт ферментації. Зазначений продукт містить 6-ACA, біомасу та деякі інші компоненти, які зазвичай присутні в бульйоні ферментації (живильні речовини, солі для буферної дії, та ін., і побічні продукти, такі як етиловий спирт, гліцерин, ацетат та ін.). Автори винаходу припускають, що може бути достатнім виділення одного або більше специфічних компонентів з 6-ACA, до циклізації, або проведення ферментації в умовах,

в яких утворюється незначна кількість таких компонентів (або компоненту). Без зв'язку з якою-небудь теорією, автори вважають, що компоненти, які, імовірно впливають на вихід капролактаму, включають: вуглеводи, зокрема, моносахариди з групи гексоз та пентоз, їх олігомери та полімери, конкретніше глюкоза, фруктоза, маноза, сахароза, лактоза, ізомальтоза, мальтоза, рібоза, арабіноза, ксилоза, крохмаль, олігосахариди та полісахариди, такі як крохмаль, глікоген, целюлоза, хітин; амінопохідні сполук, що відрізняються від 6-АСА, зокрема амінокислоти, що відрізняються від 6-АСА, білки та інші пептиди; органічні кислоти; неорганічні солі, зокрема фосфатні солі, сульфатні солі; і біомаса (клітинна).

Зазвичай суміші, 6-АСА, що містять, піддають обробці на одній або більше попередніх стадій, до циклізації 6-АСА. Зазвичай біомасу відокремлюють від 6-АСА. Крім того, вода та/або додаткові компоненти, що походять з середовища ферментації, можуть бути відокремлені від 6-АСА. Концентрація 6-АСА, що піддається циклізації (концентрація циклізації), або принаймні, концентрація сировини що містить 6-АСА, яку вводять в реактор циклізації (концентрація в сировині), може змінюватися в широкому діапазоні.

Зазвичай концентрація 6-АСА при циклізації або концентрація в сировині складає, принаймні, 50 г/л 6-АСА, зокрема, принаймні 100 г/л, зокрема, принаймні, більше 150 г/л або, принаймні 250 г/л. Ще переважніше концентрація 6-АСА при циклізації або концентрація в сировині складає, принаймні 250 г/л, і найпреважніше концентрація складає, принаймні 400 г/л. Верхня межа не є особливо істотною. Взагалі допускається, щоб сировина містила твердий 6-АСА, до тих пір, поки сировина залишається технологічною. Зазвичай концентрація 6-АСА при циклізації або концентрація в сировині складає 950 г/л або менше, зокрема 750 г/л або менше, конкретніше 500 г/л або менше.

Коли використовується вираз "концентрація 6-АСА при циклізації або концентрація в сировині", він включає мономери 6-АСА і олігомери 6-АСА, причому ці олігомери можуть утворитися, якщо сировина нагрівається до циклізації.

Хоча загалом практично всі залишкові компоненти з культурального середовища (живильні речовини, початкові матеріали, що не прореагували, та інші компоненти, що відрізняються від води і 6-АСА) можуть бути видалені до циклізації 6-АСА, на практиці циклізація 6-АСА зазвичай протікає у присутності одного або декількох залишкових компонентів, що відрізняються від води. Зазвичай сумарна концентрація залишкових компонентів (що відрізняються від води) буде менша, ніж 40 мас. %, зокрема менша, ніж 30 мас. %, конкретніше менша, ніж 20 мас. % або менша, ніж 10 мас. %, у вигляді відсотків від концентрації 6-АСА при циклізації або концентрації в сировині. Зокрема, сумарна концентрація залишкових компонентів (що відрізняються від води) може бути, принаймні 2 мас. %, принаймні 5 мас. %, або принаймні 8 мас. %, у вигляді відсотків від концентрації 6-АСА при циклізації або концентрації в сировині. Залишок, якщо він є, складає вода.

Зокрема, на основі експериментів, в яких 6-АСА піддавали циклізації в середовищі ферментації, автори винаходу припустили, що вигідно проводити циклізацію за відсутності вуглеводів, або при низькій концентрації вуглеводів. Відповідно, в переважному здійсненні способу суміш містить менше, ніж 5 г/л вуглеводів. У особливо переважному варіанті здійснення суміш, що містить 6-АСА, включає менше, ніж 2 г/л, зокрема менше, ніж 1 г/л, конкретніше менше, ніж 0,5 г/л вуглеводів.

У одному варіанті здійснення як джерело вуглецю для 6-АСА у ферментативному процесі використовують джерело вуглецю, що відрізняється від вуглеводів, наприклад, жирну кислоту, амінокислоти, гліцерин, оцтову кислоту, етиловий спирт. Припускають, що такі джерела вуглецю, можливо менш схильні взаємодіяти з 6-АСА або капролактамом з утворенням побічних продуктів, які можуть важко видалятися.

У додатковому варіанті здійснення використовується процес ферментації з підживлюваною культурою. Тут джерело вуглецю, таке як вуглевод або інше джерело вуглецю, поступово додають в середовище ферментації в ході отримання 6-АСА.

З метою отримання суміші, що містить 6-АСА, виробленої шляхом ферментації вуглеводу, в якій продукт ферментації має відносно низький вміст вуглеводів, може бути здійснена стадія сепарації для того, щоб відокремити 6-АСА від вуглеводу.

Згідно винаходу необов'язково проводити процес ферментації при сумарному відношенні вуглеводу до 6-амінокапронової кислоти рівному 0,03 або менше, а також проводити процес ферментації при низькій концентрації вуглеводу. Достатньо, щоб зазначене відношення складало 0,03 або менше у витягнутій суміші що містить 6-АСА, яка піддається циклізації. Проте вигідно завершувати процес ферментації при відношенні, принаймні 0,03 або менше, та/або завершувати ферментацію при низькій концентрації вуглеводу, зокрема при концентрації менше, ніж 5 г/л. Шляхом обмеження вуглеводного живлення (або без подачі вуглеводу), в

деякий момент ферментативного процесу мікроорганізми викликають зниження концентрації вуглеводу, оскільки вони метаболізують вуглевод як джерело вуглецю (наприклад, з утворенням 6-ACA). Таким чином, зазначене відношення та/або низька концентрація вуглеводу також може бути досягнута, коли виходять з умов, в яких зазначене відношення та/або

5 концентрація вуглеводу були підвищеними.

У варіанті здійснення процесу ферментації проводять на всьому протязі процесу або, принаймні, в кінці процесу ферментації в умовах обмеження джерела вуглецю, тобто в умовах, коли обмежено зростання мікроорганізму за рахунок обмеження подачі вуглецевої живильної речовини. Такий спосіб вважається особливо вигідним, оскільки, за необхідності, може бути

10 виключена спеціальна стадія розділення з метою відділення 6-ACA від надлишку живильної речовини. Передбачається, що особливо вигідними є умови обмеженої подачі вуглецю, у разі використання вуглеводу як джерела вуглецю. Умови (коли серед іншого концентрація вуглеводу є низькою) можуть безпосередньо призвести до низької концентрації вуглеводу в суміші, що містить 6-ACA. У спеціальному варіанті здійснення процесу ферментації не проводять в умовах

15 обмеженої подачі вуглецю до здійснення зазначеного способу в умовах обмеженої подачі вуглецю. Таким чином, на початковому періоді можуть бути використані умови зростання (протягом яких джерело вуглецю може надходити в систему), що може бути вигідним для підвищення продуктивності по 6-ACA. Потім вибирають умови обмеженої подачі вуглецю, коли мікроорганізм настільки інтенсивно перетворює джерело вуглецю, що реалізується режим

20 обмеженої концентрації вуглецю (зазвичай після припинення подачі будь-якого джерела вуглецю).

У одному варіанті здійснення витягання суміші, що містить 6-ACA, , включає виділення 6-ACA з клітинної маси на стадії попередньої обробки, зокрема з використанням методики, вибраної з групи: фільтрація в тангенціальному потоці, мікрофільтрація, інші види фільтрації або центрифугування.

25

У одному варіанті здійснення витягання суміші, що містить 6-ACA, включає відділення 6-ACA від одної або декількох інших сполук з аміногрупою на стадії попередньої обробки, зокрема відділення від одної або декількох сполук, вибраних з групи інших амінокислот, пептидів і білків.

Зокрема, припускають, що в способі, в якому суміш, що містить 6-ACA, має низький вміст вуглеводів, може бути виключена окрема стадія розділення одної або декількох сполук з аміногрупою і 6-ACA, при підтримці відносно високого виходу та/або забезпеченні відносно простого очищення капролактамного продукту, отриманого шляхом циклізації.

30

У одному варіанті здійснення витягання суміші, що містить 6-ACA, включає відділення 6-ACA від одного або декількох полімерів, таких як один або декілька полімерів, вибраних з групи полісахариди, поліпептиди та білки. Для цієї мети особливо застосовною є ультрафільтрація, коли 6-ACA витягується з фільтратом. Для ультрафільтрації зазвичай вибирають фільтр з відсічкою вище молекулярної маси 6-ACA і менше молекулярної маси полімеру (полімерів), який повинен бути відокремлений від 6-ACA.

35

У одному варіанті здійснення витягання суміші, що містить 6-ACA, включає стадію видалення води до циклізації 6-ACA. Зазвичай може видалятися тільки частина води, причому вода, що залишилася, в суміші, що містить 6-ACA, може перетворюватися на пару, у присутності якої відбувається циклізація 6-ACA. Видалення води, зокрема, може бути здійснене шляхом випаровування води.

40

У одному варіанті здійснення витягання включає розділення 6-ACA від однієї або декількох солей. Проте спосіб згідно винаходу може бути здійснений без стадії, на якій 6-ACA відділяється від однієї або декількох солей. Припускають, що циклізація відповідним чином може бути здійснена у присутності солей, наприклад, фосфатних або сульфатних солей, і що, принаймні, в деяких варіантах здійснення, присутність солі може бути вигідною, оскільки сіль може діяти як каталізатор циклізації.

45

Зазвичай процес циклізації може бути заснований на відомому способі циклізації, який описаний, наприклад, в патентах US №№ 6194572 або 3658810

50

Зазвичай, циклізацію проводять при температурі в діапазоні від 250 до 400 °C. Зокрема, температура може складати 275 °C або більше, 280 °C або більше, 290 °C або більше, або 300 °C або більше. Зокрема, температура може складати 375 °C або менше, 360 °C або менше, 340 °C або менше, або 330 °C або менше. Переважною є відносно низька температура, при якій менш поширені побічні процеси; особливо при температурі вище 330-340 °C можуть виникати небажані процеси, наприклад, декарбоксилювання та/або деамінування 6-ACA. Відносно висока температура є переважною для швидкого протікання реакції. З урахуванням цих міркувань, зокрема, температура може бути вибрана в діапазоні 290-330 °C.

55

Зазвичай, циклізацію проводять під тиском в діапазоні від 0,3 до 2 МПа. Зокрема, тиск може складати 0,5 МПа або більше, 0,8 МПа або більше, або 1,0 МПа або більше. Зокрема, тиск може складати 1,5 МПа або менше, 1,4 МПа або менше, або 1,2 МПа або менше. Відносний високий тиск є вигідним для швидкого протікання реакції. Тиск може бути збільшений шляхом подачі стиснутої пари в реактор циклізації, де 6-АСА піддається циклізації. Наслідком такого прийому є те, що з підвищенням тиску, зазвичай виділятиметься більше водного конденсату, який розбавляє продукт. З урахуванням цих міркувань, зокрема, тиск може бути вибраний в діапазоні від 0,8 до 1,5 МПа.

Крім того, винахід відноситься до способу очищення капролактаму, який включає обробку продукту, що містить капролактаму, отриманий за способом згідно винаходу, принаймні, на одній стадії дистиляції, таким чином, виходить фракція, збагачена капролактамом. Переважно, зазначений спосіб включає, принаймні, одну стадію дистиляції з метою видалення з капролактаму легких продуктів (тобто сполук, що мають температуру кипіння нижчу, ніж капролактаму) і стадію дистиляції для видалення важких продуктів (тобто сполук, що мають температуру кипіння вищу, ніж капролактаму). Відповідні умови процесу можуть бути засновані на технології, відомій з рівня техніки, наприклад, патенту EP-A 1062203.

Переважно, збагачену капролактамом фракцію, отриману шляхом дистиляції, обробляють на стадії кристалізації, і таким чином, отримують кристалічний капролактаму. Кристали капролактаму можуть бути виділені з рідкої фази, що залишилася, по суті відомими прийомами, наприклад, з використанням фільтрації або центрифугування.

Виділені кристали можуть бути очищені додатково, наприклад, по суті відомими прийомами плавлення і швидкого випаровування.

Після цього капролактаму може бути використаний для отримання полімеру, зокрема поліаміду, причому отримання включає полімеризацію капролактаму, отриманого за способом згідно винаходу, необов'язково у присутності одної або декількох додаткових сполук, що полімеризуються.

Щодо ферментативного виробництва 6-АСА слід зазначити, що воно може бути здійснене по суті відомим способом.

У спеціальному варіанті здійснення 6-АСА проводять ферментативно з 6-аміногекс-2-енової кислоти або 6-аміно-2-гідроксигексанової кислоти, наприклад, з використанням клітки-господаря, як описано в документі WO 2005/068643, в умовах ферментації.

У додатковому спеціальному варіанті здійснення 6-АСА отримують з альфа-кетопімелинової кислоти, з використанням біокаталізатора, що володіє активністю декарбоксилази та/або активністю аминотрансферази, наприклад, способом, описаним в WO 2009/113855.

Тепер винахід буде проілюстрований порівняльним прикладом і деякими прикладами, проте по суті винахід не обмежується об'ємом прикладів.

Порівняльний приклад А

Бульйон ферментації отримують з процесу ферментації з культурою E. Coli для виробництва промислового ферменту. Біомасу видаляють з бульйону шляхом мікрофільтрації. Потім видаляють біополімери, зокрема цільовий продукт, за допомогою ультрафільтрації. Шляхом додавання 6-АСА в бульйон ферментації, що залишився, готують модельний бульйон ферментації для процесу ферментації 6-АСА, в якому отримують 6-АСА з титром 150 г/л. Загальний вміст вуглеводів у зазначеній суміші складає 6,3 г/л (тобто масове відношення вуглевод/6-АСА складає 0,042). Отриману суміш продукту концентрують у вакуумі у випарнику з примусовою циркуляцією при 40°C. Концентрована суміш містить 48,3 мас. % води, 42,1 мас. % 6-АСА, 1,8 мас. % вуглеводів та 7,8 мас. % інших компонентів бульйону (органічні кислоти, неорганічні іони та ін.).

Суміш (1 кг) отриманого таким чином концентрованого продукту поступає в дволітровий перемішуваний реактор. Реактор закривають і його вміст продувають інертним газом-азотом. Протягом всього експерименту тиск в реакторі підтримують рівним 1,2 МПа за допомогою регулятора на вихідній лінії нагорі реактора. Після включення перемішування із швидкістю 1000 об/хвил вміст реактора поступово нагрівають приблизно протягом 25 мін приблизно до 315 °C, за допомогою електронагріву через стінку. Протягом зазначеного періоду вода, присутня в суміші продукту, поступово випаровується і конденсується в холодильнику для пари, що знаходиться у вихідному патрубку з реактора. Витягнуту фракцію конденсату зважують і аналізують, з використанням ЖХВД для визначення 6-АСА, капролактаму та його лінійних і циклічних олігомерів. Коли температура вмісту реактора досягне заданої температури біля 315 °C, починають подачу води з регульованою швидкістю між 400 і 800 г/година. Зазначену воду подають через підводячий трубопровід нижче за мішалку, де утворюється пара в реакторі, коли вода контактує з гарячим вмістом реактора. Пара і десорбовані паром продукти

залишають реактор через вихідний патрубок нагорі реактора. Фракції конденсату зважують і аналізують, з використанням ЖХВД для визначення вмісту 6-АСА, капролактаму та його лінійних і циклічних олігомерів. У зазначених умовах, для завершення реакції потрібно 5 годин. У цьому експерименті капролактаму отримують з виходом 67 мол. % (розрахований як відношення всього капролактаму, визначеного у витягнутих фракціях конденсованого продукту до сумарної кількості 6-АСА, яке спочатку подається в реактор).

#### Приклад 1

Бульйон ферментації готують таким же чином, як описано в порівняльному прикладі А, з тією відмінністю, що первинну ферментацію продовжують протягом часу, достатнього для отримання пониженого вмісту залишкових вуглеводів в бульйоні ферментації. Таким чином, отримують аналогічну модельну суміш ферментації, як в порівняльному прикладі А, але тепер концентрація вуглеводів в цьому модельному бульйоні складає 1,3 г/л, і відношення мас вуглевод/6-АСА дорівнює 0,0087. Використовуючи таку ж методику для перетворення 6-АСА на капролактаму, що описана в порівняльному прикладі А, остаточно отримують капролактаму з виходом 85 мол. %.

#### Приклад 2

Повторюють приклад 1, з тією відмінністю, що концентрація залишкових вуглеводів в остаточно отриманому модельному бульйоні ферментації додатково понижена до 0,3 г/л (шляхом збільшення часу ферментації); в результаті відношення мас вуглевод/6-АСА знижується до 0,0020. Використовуючи таку ж методику для перетворення 6-АСА на капролактаму, що описана в порівняльному прикладі А, остаточно отримують капролактаму з виходом 94 мол. %.

Приведені приклади демонструють, що може бути досягнутий високий вихід капролактаму, якщо відношення мас вуглевод/6-АСА в бульйоні ферментації знижується до низького значення.

### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб отримання капролактаму, який включає витягання суміші, що містить 6-амінокапронову кислоту, з культурального середовища, яке включає біомасу, причому культуральне середовище може містити один або декілька вуглеводів, після чого проводять циклізацію 6-амінокапронової кислоти у присутності перегрітої пари, з утворенням капролактаму, причому у вказаній суміші масове відношення вуглеводу до 6-амінокапронової кислоти складає 0,03 або менше.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що суміш містить менше ніж 5 г/л вуглеводів, переважно менше ніж 2 г/л, і переважніше менше ніж 0,5 г/л.

3. Спосіб за п. 2, який **відрізняється** тим, що суміш містить менше ніж 2 г/л вуглеводів.

4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що суміш містить менше ніж 0,5 г/л вуглеводів.

5. Спосіб за одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що 6-амінокапронову кислоту отримують мікробіологічно, причому мікробіологічне отримання закінчують принаймні в умовах обмеженої подачі вуглецю.

6. Спосіб за одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що 6-амінокапронову кислоту отримують мікробіологічно, причому мікробіологічне отримання закінчують щонайменше при сумарній концентрації вуглеводів в культуральному середовищі менше ніж 5 г/л, переважно менше ніж 2 г/л, і переважніше менше ніж 0,5 г/л вуглеводів.

7. Спосіб за одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що 6-амінокапронову кислоту виділяють з біомаси з використанням принаймні однієї методики, вибраної з групи: фільтрація в тангенціальному потоці, мікрофільтрація, інші види фільтрації або центрифугування.

8. Спосіб за одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що витягання суміші включає розділення 6-амінокапронової кислоти і одного або декількох полімерів, вибраних з групи полісахаридів, поліпептидів та білків.

9. Спосіб за п. 8, який **відрізняється** тим, що 6-амінокапронову кислоту відокремлюють від одного або декількох полімерів шляхом ультрафільтрації.

10. Спосіб за одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що суміш обробляють на стадії видалення води до циклізації 6-амінокапронової кислоти.

11. Спосіб за одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що циклізацію проводять при температурі в діапазоні від 250 до 400 °С.

12. Спосіб за одним з попередніх пунктів, який **відрізняється** тим, що циклізацію проводять під тиском в діапазоні від 0,3 до 2 МПа.

13. Спосіб за будь-яким з пп. 1-12, який **відрізняється** тим, що продукт, що містить капролакта́м, додатково очищають принаймні на одній стадії дистиляції, отримуючи фракцію, збагачену капролакта́мом.

5 14. Спосіб за п. 13, який **відрізняється** тим, що одну або декілька сполук, що мають температуру кипіння, нижчу, ніж капролакта́м, і одну або декілька сполук, що мають температуру кипіння, вищу, ніж капролакта́м, відокремлюють від капролакта́му шляхом дистиляції, отримуючи фракцію, збагачену капролакта́мом, і вказану фракцію обробляють на стадії кристалізації, отримуючи кристалічний капролакта́м.

10 15. Спосіб за будь-яким з пп. 1-14, який **відрізняється** тим, що отриманий капролакта́м далі полімеризують, необов'язково у присутності одного або декількох додаткових сполук, що полімеризуються.

---

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601