

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038064**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.06.30

(21) Номер заявки
201892547

(22) Дата подачи заявки
2017.05.29

(51) Int. Cl. **C12P 7/46** (2006.01)
C12P 7/56 (2006.01)
C12N 1/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ ОТДЕЛЕНИЯ БИОМАССЫ ОТ ТВЕРДОГО ПРОДУКТА ФЕРМЕНТАЦИИ

(31) **16172032.1**

(32) **2016.05.30**

(33) **EP**

(43) **2019.05.31**

(86) **PCT/EP2017/062919**

(87) **WO 2017/207501 2017.12.07**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ПУРАК БИОКЕМ БВ (NL)

(72) Изобретатель:
**Бокхове Ерун, Де Хан Андрэ Банир,
Грот Виллем Якоб (NL)**

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В. (RU)**

(56) **WO-A1-2016016233**

WO-A1-2013062407

WO-A1-2013160352

QIAN-ZHU LI ET AL.: "Recovery processes of organic acids from fermentation broths in the biomass-based industry", JOURNAL OF MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY, vol. 26, 25 September 2015 (2015-09-25), pages 1-8, XP002762999, see page 4 (Solvent extraction); early online publication

VEERESH JUTURU ET AL.: "Microbial production of lactic acid: the latest development", CRITICAL REVIEWS IN BIOTECHNOLOGY, vol. 36, 11 August 2015 (2015-08-11), pages 967-977, XP002763000, see page 975 (Concluding remarks/separation); early online publication

MICHIAKI MATSUMOTO ET AL.: "Extractive fermentation of lactic acid with hiochi bacteria in a two-liquid phase system", FERMENTATION TECHNOLOGY, vol. 5, 5 May 2016 (2016-05-05), pages 1-6, XP002763066, see page 1 (Introduction)

WANG ET AL.: "Efficient magnesium lactate production with in situ product removal by crystallization", BIORESOURCE TECHNOLOGY, vol. 198, 26 September 2015 (2015-09-26), pages 658-663, XP055302252, see page 658 (Introduction) and page 659 (Table 1); early online publication

DAFUL ET AL.: "Techno-economic analysis and environmental impact assessment of lignocellulosic lactic acid production", CHEMICAL ENGINEERING SCIENCE, vol. 162, 27 December 2016 (2016-12-27), pages 53-65, XP029928352, see pages 56-59 (sections 4-5); early online publication

(57) Изобретение относится к способу отделения биомассы от твердого продукта ферментации, в котором суспензию, содержащую биомассу и твердый продукт ферментации, подают в верхнюю часть устройства для отделения биомассы, а в нижнюю часть устройства для отделения биомассы подают водную среду, при этом поток продукта, содержащий твердый продукт ферментации, отводят из нижней части устройства для отделения биомассы, а поток отходов, содержащий биомассу, отводят из верхней части устройства для отделения биомассы. Было обнаружено, что способ в соответствии с изобретением дает возможность обеспечить твердый продукт ферментации, содержащий очень низкое количество остаточной биомассы, при этом потери продукта могут быть ограничены.

B1**038064****038064****B1**

Изобретение относится к способу отделения биомассы от твердых продуктов ферментации.

В процессе ферментации источник углерода подвергают ферментации, используя микроорганизм для получения требуемого соединения. Процессы ферментации привлекательны тем, что позволяют получать широкий спектр соединений из возобновляемых ресурсов. Однако проблемой процессов ферментации является очистка полученного продукта. Требуемое соединение находится в ферментационном бульоне, который содержит помимо требуемого соединения также многочисленные дополнительные соединения, такие как микроорганизмы, которые позволяют получить требуемые соединения, побочные продукты, питательные вещества и остатки источника углерода.

Было обнаружено, что существует конкретная проблема отделения биомассы от твердого продукта ферментации, где термин "биомасса" означает микроорганизмы, используемые при ферментации. Отмечено, что высокая эффективность удаления биомассы необходима для предотвращения образования нежелательных примесей при дальнейшей переработке твердого продукта ферментации. Также было обнаружено, что часто трудно получить требуемую высокую эффективность, так как биомасса также является твердым продуктом, который стремится следовать за твердым продуктом ферментации.

В WO 2013/160352 описан способ ферментации, в котором ферментационный бульон, содержащий биомассу и твердый продукт ферментации, в данном случае соль органической кислоты, отводят из реактора ферментации и подают в гидроциклон. Нижний выходящий поток из гидроциклона включает твердый продукт ферментации, и его направляют на стадию разделения жидкости и твердых веществ для отделения твердого продукта ферментации от жидкости. Обнаружено, что применение ленточного фильтра дает преимущество, поскольку он обладает высокой эффективностью промывки, обеспечивая эффективное удаление биомассы и твердых и растворенных загрязняющих веществ и получение фильтрационного кека с относительно низким содержанием воды и относительно низким содержанием загрязняющих веществ. Показано, что ленточный фильтр может быть снабжен средствами промывки фильтрационного кека для улучшения разделения, включая средства повторного суспендирования фильтрационного кека.

Было обнаружено, что применение ленточного фильтра имеет различные недостатки. Трудно удалить последние фракции биомассы, используя ленточный фильтр. Кроме того, при попытке сделать это, например посредством повторяющейся промывки фильтрационного кека, процесс усложняется, что может в связи с этим привести к значительным потерям требуемого продукта. Таким образом, в технике существует потребность в способе отделения биомассы от твердого продукта ферментации, позволяющем обеспечить эффективное отделение биомассы от твердого продукта ферментации, в то время как потери продукта могут быть сведены к минимуму. Данную техническую задачу решают в данном изобретении.

Изобретение относится к способу отделения биомассы от твердого продукта ферментации, в котором суспензию, содержащую биомассу и твердый продукт ферментации, подают в верхнюю часть устройства для отделения биомассы, а в нижнюю часть устройства для отделения биомассы подают водную среду, тогда как поток продукта, содержащий твердый продукт ферментации, отводят из нижней части устройства для отделения биомассы, а получаемый поток, содержащий биомассу, отводят из верхней части устройства для отделения биомассы.

Было обнаружено, что способ в соответствии с изобретением дает возможность обеспечить твердый продукт ферментации, содержащий очень низкое количество остаточной биомассы, при этом потери продукта могут быть ограничены. Дополнительные преимущества настоящего изобретения и его различные воплощения станут очевидными из дальнейшего описания изобретения.

Далее изобретение описано более подробно. На чертеже проиллюстрированы различные аспекты настоящего изобретения, но настоящее изобретение этим не ограничено.

На фигуре представлено первое воплощение настоящего изобретения.

Как показано на фигуре, суспензию, содержащую биомассу и твердый продукт ферментации, подают через линию 2 в верхнюю часть устройства 1 для отделения биомассы. Водную среду подают через линию 3 в нижнюю часть устройства 1 для отделения биомассы. Поток продукта, содержащий твердый продукт ферментации, отводят из нижней части устройства 1 для отделения биомассы через линию 4, а поток отходов, содержащий биомассу, отводят через линию 5 из верхней части устройства 1 для отделения биомассы.

Исходным материалом в настоящем изобретении является водная суспензия, содержащая биомассу и твердый продукт ферментации. В контексте настоящего описания изобретения твердый продукт ферментации представляет собой продукт, полученный в ходе ферментации, который находится в твердой форме в водной среде. Другими словами, твердый продукт ферментации представляет собой продукт ферментации, присутствующий в водной среде в концентрации, превышающей его концентрацию насыщения.

Природа твердого продукта ферментации в общем не является существенной для настоящего изобретения. В одном воплощении твердый продукт ферментации представляет собой соль карбоновой кислоты. Далее более подробно описаны твердые соли карбоновых кислот и способы их получения.

Твердый продукт ферментации может представлять собой кристаллический продукт или аморфный продукт. Обычно он представляет собой кристаллический продукт.

Суспензия, подаваемая в устройство для отделения биомассы, обычно содержит 5-70 мас.% твердого продукта ферментации. Если количество твердого продукта ферментации очень мало, устройство для отделения биомассы должно быть относительно большим для вмещения больших объемов суспензии. С другой стороны, если количество твердого продукта ферментации очень велико, то обрабатываемость, например способность к перекачиванию суспензии, может уменьшиться. Кроме того, это может препятствовать эффективному удалению биомассы. По приведенным выше причинам предпочтительно, чтобы количество твердого продукта ферментации составляло по меньшей мере 10 мас.%, в частности по меньшей мере 20 мас.%, в некоторых воплощениях по меньшей мере 30 мас.%, в особенности по меньшей мере 40 мас.%. С другой стороны, для обеспечения эффективного отделения и переработки биомассы, может быть предпочтительным, чтобы количество твердого продукта ферментации в суспензии составляло не более 60 мас.%.

Для лактата магния в качестве продукта ферментации может быть предпочтительно, чтобы количество твердого продукта ферментации в суспензии составляло 30-60 мас.%, в частности 40-60 мас.%, например 45-55 мас.%.

Суспензия может быть получена непосредственно из устройства для ферментации. Также возможно, что суспензию, полученную из устройства для ферментации, сначала подвергают одной или более стадиям сгущения, на которых удаляют воду. Сгущение можно выполнять известными в технике способами, например с использованием отстойников, гидроциклонов или других средств.

Количество биомассы, присутствующей в суспензии, может изменяться в широких пределах в зависимости от того, удаляли ли биомассу также и на предыдущих стадиях. Обычно содержание биомассы составляет от 0,05 до 5 мас.%.

В одном воплощении настоящего изобретения содержание биомассы в суспензии является относительно низким. Это может быть, например, в таком случае, когда ферментационный бульон уже подвергали стадии обработки, на которой частично удалили биомассу. В данном случае количество биомассы, например, может составлять от 0,05 до 1,5 мас.%, в частности от 0,05 до 1 мас.%, более конкретно от 0,05 до 0,8 мас.%.

Количество биомассы в суспензии может быть определено, например, посредством определения оптической плотности при 600 нм образца, из которого удалены кристаллы, и сравнения ее с OD600 нм (оптическая плотность при 600 нм) стандартных растворов биомассы.

Суспензию, содержащую биомассу и твердый продукт ферментации, подают в верхнюю часть устройства для отделения биомассы. Как очевидно специалисту в данной области техники, в настоящем описании изобретения указание "верхняя часть" относится к месту в верхней области устройства для отделения биомассы, над зоной отделения. В устройстве для отделения биомассы водную суспензию приводят в контакт в противотоке с водной средой, подаваемой в нижнюю часть устройства для отделения биомассы. Не ограничиваясь какой-либо теорией, полагают, что частицы биомассы захватываются потоком водной среды, проходящей из нижней части устройства в верхнюю часть устройства, в результате чего получают поток, содержащий биомассу. Этот поток отводят из верхней части устройства для отделения биомассы. Твердый продукт ферментации имеет более высокую плотность, чем биомасса. Следовательно, его не захватывает водная среда, и он может быть отведен из нижней части устройства.

Устройство для отделения биомассы, по существу, представляет собой колонну, выполненную таким образом, что суспензия, содержащая биомассу и твердый продукт ферментации, вступает в тесный контакт с водной средой. В одном воплощении устройство снабжено смесительными элементами для улучшения контакта и для диспергирования возможных агломератов биомассы и/или твердого продукта ферментации. Смесительные элементы могут представлять собой статические смесительные элементы, такие как стержни или тонкие пластины. Смесительные элементы также могут представлять собой динамические смесительные элементы, такие как одна или более мешалок.

Состав водной среды, подаваемой в устройство для отделения, в общем, не является существенным при условии, что среда не содержит соединений, которые являются нежелательными для попадания в конечный продукт. Вода, конечно, является подходящей средой. Однако в предпочтительном воплощении водная среда представляет собой раствор твердого продукта ферментации. Если используют раствор твердого продукта ферментации, в частности раствор, который насыщен или почти насыщен, выход способа повышается, так как потери продукта за счет растворения твердого продукта ферментации в водной среде ограничены. Поэтому в одном воплощении водная среда представляет собой раствор продукта ферментации, где раствор имеет концентрацию по меньшей мере 50% от концентрации насыщения, в частности по меньшей мере 70%, более конкретно по меньшей мере 80% или даже по меньшей мере 90%. В данном контексте концентрацию насыщения определяют как максимальную концентрацию продукта ферментации, в которой он может быть растворен в водной среде в условиях, преобладающих в среде, когда ее направляют в устройство для отделения. В принципе, водная среда может содержать твердые частицы продукта ферментации, но это, как правило, нежелательно. Таким образом, в одном воплощении водная среда содержит продукт ферментации при концентрации не более 110% концентрации насыщения.

Как обсуждается ниже, водная среда может быть получена посредством удаления биомассы из по-

тока отходов, содержащего биомассу, который отводят из верхней части устройства. Водная среда также может быть получена из других источников, например из стадий обработки ниже по потоку, на которых получают насыщенные растворы твердого продукта ферментации.

Объем водной среды, подаваемой в устройство в течение определенного периода времени, зависит от объема суспензии, содержащей ферментационную среду и твердый продукт ферментации, подаваемой в этот период времени. Обычно объем водной среды, подаваемой в устройство, составляет от 10 до 500 об.% от объема суспензии, подаваемой в устройство, более предпочтительно от 50 до 250 об.%. Для устройства для отделения биомассы большего размера требуется больший объем водной среды. С другой стороны, использование большего объема водной среды может привести к большему удалению биомассы. Может быть предпочтительно, чтобы объем водной среды, подаваемой в устройство, составлял от 60 до 100 об.% от объема суспензии, подаваемой в устройство.

Поток продукта, содержащий твердый продукт ферментации, отводят из нижней части устройства для отделения биомассы. Обычно концентрация твердого продукта ферментации в этом нижнем потоке продукта находится в том же диапазоне, что и концентрация продукта ферментации в подаваемом потоке. Таким образом, общие диапазоны являются такими, как указано выше.

Содержание биомассы в потоке продукта значительно снижается по сравнению с содержанием биомассы в исходной суспензии. Предпочтительно удалять по меньшей мере 70% биомассы, предпочтительно по меньшей мере 80%, более предпочтительно по меньшей мере 90%. Было обнаружено, что возможно удаление по меньшей мере 95% биомассы, в частности по меньшей мере 98%. Было определено, что возможно и предпочтительно удалять по меньшей мере 99% биомассы. Удаление большого количества биомассы может быть достигнуто путем обеспечения тщательного перемешивания в устройстве для отделения биомассы, например, посредством наличия смесительных элементов, статических или динамических, и/или посредством применения относительно большого объема водной среды, из расчета на объем суспензии, содержащей биомассу и твердый продукт ферментации.

Поток отходов, содержащий биомассу, отводят из верхней части устройства для отделения биомассы. Концентрация биомассы в данном выходящем потоке полностью определяется количеством биомассы, присутствующей в исходной суспензии, и объемом водной среды, подаваемой в устройство. В качестве общей величины может быть задан диапазон от 0,05 до 5 мас.%. Поток отходов, содержащий биомассу, обычно представляет собой суспензию биомассы в растворе продукта ферментации. Поток отходов может быть подвергнут обработке, если требуется. В одном воплощении поток отходов подвергают стадии удаления биомассы, например, посредством фильтрации, центрифугирования, декантации или их сочетания. Оставшийся раствор, при необходимости, можно подавать рециклом в виде водной среды в нижнюю часть устройства для отделения биомассы. Следует отметить, что поскольку поток отходов не содержит или содержит только очень ограниченное количество указанного твердого продукта ферментации, удаление биомассы не представляет сложности.

Поток продукта, содержащий твердый продукт ферментации, может быть подвергнут обработке, если требуется. Например, он может быть подвергнут стадии удаления воды, возможно с последующей промывкой и/или сушкой. Также он может быть обработан сам по себе. В тех случаях, когда поток продукта, содержащий твердый продукт ферментации, подвергают разделению на жидкость и твердые вещества, например на стадии фильтрации, полученную жидкость можно подавать рециклом в нижнюю часть устройства для отделения биомассы в составе водной среды.

Как указано выше, ферментационный бульон, содержащий биомассу и твердый продукт ферментации, можно подавать непосредственно из устройства ферментации на стадию разделения в соответствии с изобретением. Однако также возможно осуществлять промежуточные стадии между стадией ферментации и стадией отделения в соответствии с изобретением. Например, ферментационный бульон, полученный на стадии ферментации, можно направлять на одну или более предшествующих стадий удаления биомассы с использованием, например, гидроциклона и/или фильтра.

Природа твердого продукта ферментации не является существенной для настоящего изобретения. Это может быть любой продукт ферментации, который присутствует в суспензии, по меньшей мере, частично в твердой форме, другими словами, выше его концентрации насыщения. Примеры продуктов ферментации включают твердые соли карбоновых кислот, в частности карбоновых кислот, выбираемых из группы, состоящей из моно-, ди- и трикарбоновых кислот, содержащих 2-8 атомов углерода. Предпочтительно, карбоновые кислоты не содержат амино- или амидогруппы. Примеры подходящих карбоновых кислот включают молочную кислоту, пропионовую кислоту, лимонную кислоту, яблочную кислоту, малеиновую кислоту, фумаровую кислоту, адипиновую кислоту, янтарную кислоту, итаконовую кислоту, винную кислоту, альфа-кетоглутаровую кислоту, щавелевоуксусную кислоту, уксусную кислоту, акриловую кислоту, 2-гидроксимасляную кислоту, 3-гидроксипропионовую кислоту и фурандикарбоновую кислоту. Твердые соли молочной кислоты, янтарной кислоты, фумаровой кислоты, итаконовой кислоты, адипиновой кислоты, 3-гидроксипропионовой кислоты и фурандикарбоновой кислоты считаются более предпочтительными, причем твердые соли молочной кислоты, янтарной кислоты, и фурандикарбоновой кислоты считаются особенно предпочтительными.

Твердые соли этих соединений обычно представляют собой соли двухвалентных и трехвалентных

катионов, включая Mg, Ca, Zn и Al, в частности Mg и Ca. Лактат магния, сукцинат магния, фурандикарбоксилат магния, лактат кальция, сукцинат кальция и фурандикарбоксилат кальция считаются более предпочтительными, причем соли магния являются более предпочтительными и лактат магния наиболее предпочтительным.

Твердые соли карбоновых кислот обычно получают как продукты ферментации следующим образом. При получении карбоновых кислот в процессе ферментации часто добавляют щелочное соединение, например оксид, гидроксид или карбонатное соединение, чтобы поддерживать pH ферментационного бульона в пределах, подходящих микроорганизму, осуществляющему ферментацию. Вследствие этого кислота часто присутствует в ферментативном бульоне в виде ее соли. В зависимости от природы щелочного соединения соль может быть растворена в ферментативном бульоне или она может присутствовать (частично) в твердой форме. Способы ферментации, в которых получают твердые продукты ферментации, в частности твердые соли карбоновой кислоты, известны в технике и в данном документе не требуют дополнительного разъяснения.

Твердые продукты ферментации, полученные способом в соответствии с изобретением, могут быть подвергнуты обработке, если требуется. Например, они могут быть подвергнуты стадиям очистки посредством способов, известных в данной области техники, например, посредством промывки твердого продукта ферментации и/или перекристаллизации с получением очищенного твердого продукта ферментации. Когда твердый продукт ферментации является твердой солью карбоновой кислоты, его можно, если требуется, преобразовать в соответствующую кислоту. Это можно сделать различными способами, включая ионный обмен, например, посредством применения ионообменной колонки или электродиализа, или подкисление с использованием сильной неорганической кислоты (например, серной кислоты, HCl или HNO₃), чтобы получить смесь карбоновой кислоты и неорганической соли (например, сульфата кальция, где кальциевую соль карбоновой кислоты преобразуют в соответствующую кислоту посредством реакции с серной кислотой, или хлорида магния, где магниевую соль карбоновой кислоты преобразуют в соответствующую кислоту посредством реакции с соляной кислотой). Впоследствии данная смесь может быть подвергнута стадии разделения кислоты и соли с получением карбоновой кислоты, отделенной от соли. Стадию разделения можно выполнять известными в технике способами. Когда карбоновая кислота находится в твердой форме, а неорганическая соль в растворенной форме, можно выполнять стадию разделения жидкости и твердых веществ. То же самое применимо в случаях, когда карбоновая кислота находится в растворенной форме, а неорганическая соль находится в твердой форме. Когда и карбоновая кислота, и неорганическая соль присутствуют в растворенном состоянии, отделение карбоновой кислоты от раствора неорганической соли можно выполнять, например, посредством экстрагирования карбоновой кислоты из раствора соли с использованием органического экстрагирующего агента, который не смешивается с водным раствором соли. Затем карбоновую кислоту можно отделять от экстрагирующего агента, например, посредством удаления экстрагирующего агента через выпаривание, или посредством экстрагирования карбоновой кислоты из экстрагирующего агента водой, что приводит к образованию водного раствора карбоновой кислоты. Водные растворы карбоновых кислот могут быть очищены известными в технике способами, например посредством обработки активным углем. Их можно сконцентрировать удалением воды. Карбоновая кислота может быть очищена, например, дистилляцией, в результате чего получают очищенную карбоновую кислоту. Карбоновую кислоту можно выделить посредством кристаллизации, если требуется, с получением твердой кристаллической карбоновой кислоты. В технике известны другие методы отделения и очистки.

Когда карбоновая кислота является молочной кислотой, например, полученной из лактата кальция и, в особенности, лактата магния в виде твердого продукта ферментации, ее можно, если требуется, подвергнуть стадии олигомеризации посредством удаления воды, с получением олигомеров молочной кислоты. Когда карбоновая кислота является молочной кислотой, ее можно, если требуется, преобразовать в лактид. Лактид или молочную кислоту как таковую можно преобразовать в полимолочную кислоту.

Различные способы дальнейшей обработки твердого продукта ферментации, преобразование солей карбоновой кислоты в карбоновую кислоту, извлечение карбоновой кислоты и дальнейшая их обработка являются традиционными и не требуют дополнительного пояснения.

Далее изобретение проиллюстрировано нижеследующим неограничивающим примером.

Пример. Получали водную суспензию, содержащую лактат магния и биомассу, путем обработки ферментационного бульона, отведенного со стадии обработки в реакторе ферментации, на стадии сгущения. Суспензия содержала 56 мас.% лактата магния и 0,12 мас.% биомассы. Суспензию непрерывно подавали в верхнюю часть устройства для отделения биомассы, оборудованного перемешивающим устройством. Водный раствор лактата магния (8 мас.%, 100% концентрации насыщения) непрерывно подавали в нижнюю часть устройства для отделения биомассы. Водную среду подавали в количестве 100 об.% от количества водной суспензии в единицу времени.

Поток отходов отводили из верхней части устройства для отделения биомассы. Поток отходов имел содержание биомассы 0,12 мас.% (такое же, как в исходной суспензии) и концентрацию лактата магния 8 мас.%.

Поток продукта, содержащий твердый лактат магния, отводили из нижней части устройства для от-

деления биомассы. Поток продукта имел концентрацию лактата магния 59 мас.% и содержание биомассы менее 0,01 мас.%, что соответствует снижению содержания биомассы на 98%. Поток продукта направляли на фильтр для отделения твердого лактата магния, который промывали раствором лактата магния и высушивали.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ отделения биомассы от твердого продукта ферментации, в котором водную суспензию, содержащую биомассу и твердый продукт ферментации, подают в верхнюю часть устройства для отделения биомассы, а в нижнюю часть устройства для отделения биомассы подают водную среду, при этом поток продукта, содержащий твердый продукт ферментации, отводят из нижней части устройства для отделения биомассы, а поток отходов, содержащий биомассу, отводят из верхней части устройства для отделения биомассы, и при этом в устройстве для отделения биомассы водную суспензию приводят в контакт в противотоке с водной средой, подаваемой в нижнюю часть устройства для отделения биомассы.

2. Способ по п.1, в котором суспензия, содержащая биомассу и твердый продукт ферментации, включает по меньшей мере 10 мас.% твердого продукта ферментации, в частности по меньшей мере 30 мас.%, в особенности по меньшей мере 40 мас.% и/или не более 70 мас.%, в частности не более 60 мас.%.

3. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором количество биомассы, присутствующей в суспензии, составляет от 0,05 до 5 мас.%.

4. Способ по п.3, в котором количество биомассы, присутствующей в суспензии, составляет от 0,05 до 1,5 мас.%, в частности от 0,05 до 1 мас.%, в особенности от 0,05 до 0,8 мас.%.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором устройство для отделения биомассы снабжено статическими и/или динамическими смесительными элементами.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором водная среда, подаваемая в нижнюю часть устройства для отделения биомассы, представляет собой раствор продукта ферментации, где раствор предпочтительно имеет концентрацию по меньшей мере 50% концентрации насыщения, в частности по меньшей мере 70%, в особенности по меньшей мере 80% или даже по меньшей мере 90%.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором поток отходов, отводимый из верхней части устройства для отделения биомассы, подвергают стадии удаления биомассы и оставшийся раствор подают рециклом в виде водной среды в нижнюю часть устройства для отделения биомассы.

8. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором твердый продукт ферментации в потоке продукта подвергают стадии очистки, в результате которой получают очищенный твердый продукт ферментации.

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором твердый продукт ферментации представляет собой соль карбоновой кислоты и способ включает стадию преобразования соли карбоновой кислоты в соответствующую карбоновую кислоту с получением карбоновой кислоты и неорганической соли.

10. Способ по п.9, в котором карбоновую кислоту отделяют от неорганической соли и карбоновую кислоту возможно подвергают одной или более стадиям очистки, в результате чего получают очищенную карбоновую кислоту.

11. Способ по любому из предшествующих пунктов, в котором твердый продукт ферментации выбирают из солей карбоновых кислот, в частности лактата магния, сукцината магния, фурандикарбоксилата магния, лактата кальция, сукцината кальция и фурандикарбоксилата кальция, в особенности лактата магния.

12. Способ по п.11, в котором твердый продукт ферментации представляет собой твердую соль молочной кислоты, твердую соль молочной кислоты преобразуют в молочную кислоту, молочную кислоту подвергают одной или более стадий из стадии очистки, стадии кристаллизации или стадии олигомеризации, в результате чего получают олигомеры молочной кислоты или преобразуют в лактид или в полимолочную кислоту либо непосредственно, либо через лактид.

