

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **048082**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2024.10.23**

(51) Int. Cl. **C12N 1/20 (2006.01)**  
**C12P 21/00 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**202391699**

(22) Дата подачи заявки  
**2023.06.16**

---

(54) **СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВОГО БЕЛКА НА ОСНОВЕ  
МЕТАНОКИСЛЯЮЩИХ БАКТЕРИЙ**

---

(43) **2024.10.11**

(56) RU-C1-2064016  
RU-C1-2755539  
RU-C1-2745093  
WO-A1-2021188300  
WO-A1-2015058212  
WO-A2-2017080987

(96) **2023000105 (RU) 2023.06.16**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ООО "ГИПРОБИОСИНТЕЗ" (RU)**

(72) Изобретатель:  
**Лалова Маргарита Витальевна,  
Луканин Александр Васильевич,  
Нюньков Павел Андреевич, Рыжов  
Григорий Викторович, Чикриз  
Александр Анатольевич (RU)**

---

(57) Изобретение относится к микробиологической промышленности, а именно к производству белково-витаминных кормовых добавок. Способ производства кормового белка на основе метанооксиляющих бактерий включает непрерывное выращивание на водно-минеральной питательной среде при давлении в среде выращивания выше атмосферного, со стабилизацией температуры и pH среды с использованием метансодержащего газа и газа, содержащего кислород, концентрирование и сушку биомассы, а также энергетическую утилизацию отходящих газов процесса выращивания, частично или полностью используемых для сушки биомассы. Согласно изобретению в качестве газа, содержащего кислород, используют кислородно-воздушную смесь в соотношении воздух:кислород как 0,63:0,37, при этом отходящий газ направляют в топку для нагрева сушильного агента. Техническим результатом изобретения является повышение эффективности производства кормового белка за счет оптимального использования газового сырья в технологическом процессе в целом, а также повышение качества очистки теплоносителя, положительно влияющего на экологию окружающей среды.

**B1**

**048082**

**048082**

**B1**

Изобретение относится к микробиологической промышленности, а именно к производству белково-витаминных кормовых добавок, а также может быть использовано в пищевой, медицинской и других отраслях промышленности.

В настоящее время отмечается повышенный интерес к белку одноклеточных организмов, разрабатываются новые технологии, в частности, на природном газе как источнике углерода. Как и любое другое производство, микробиологическое производство кормового белка характеризуется выбросами вредных веществ в окружающую среду.

Основным источником газозагрязнения (ГВЗ) в производстве белково-витаминных добавок из любого вида сырья являются сушилки, ферментеры и сепараторы. Наибольший вклад в ГВЗ производств кормового белка вносят сушильные отделения. По концентрации специфического белка в ГВЗ в основном и оценивают экологическое совершенство производства. Другим источником выбросов в окружающую среду является отработанная культуральная жидкость, образующаяся на стадии сепарации при сгущении микробной массы с 1-2 до 13-20% перед ее плазмолизом и сушкой. Еще одним источником выбросов в окружающую среду являются отходящие газы, образующиеся в ферментере в процессе аэробной ферментации при подаче на аэрацию культуральной жидкости (КЖ) смеси метана, кислорода, азота и др. Причем количество и состав абгазов зависит от состава газов, подаваемых на аэрацию культуральной жидкости.

Известен способ сушки биомассы при производстве белковых кормовых добавок в замкнутом контуре циркуляции теплоносителя, который осуществляется в установке (RU 125998, кл. C12M 1/00, 2013), содержащей топку и поверхностный нагреватель, сушильную камеру с распылительным механизмом для подачи суспензии биомассы, подводящий и отводящий газоходы для газообразного сушильного агента, линию выгрузки готового продукта, систему очистки отработанного сушильного агента, состоящую из центробежных циклонов и скруббера Вентури, установленных в технологической последовательности. Система очистки отработанного сушильного агента содержит также поверхностный конденсатор-охладитель, соединенный со скруббером Вентури через пневморазделитель и линией отвода конденсата в ферментер, с примесями биомассы. Выход отработанного сушильного агента через отводящий газоход соединен с дополнительно установленным поверхностным конденсатором-охладителем, выход которого, в свою очередь, соединен с поверхностным нагревателем, а другой выход соединен с линией отвода образовавшегося конденсата. На линии выгрузки готового продукта установлен циклон-сборник, выход отработанного теплоносителя которого соединен с входом сушильного агента (СА) в сушильную камеру и выходом из нее.

Сушка биомассы осуществляется путем нагрева СА (в данном случае воздух или инертный газ) от 65-110 до 350-600°C дымовыми газами, полученными после сжигания в вихревой горелке жидкого и газообразного топлива, проходящего через трубное пространство, а СА проходит в межтрубном пространстве и поступает в сушильную камеру. Движение дымовых газов и СА осуществляется под давлением до 1200 мм. водн. ст. Отделение биомассы выполняется ступенчато, где на первой ступени отделения биомассы от водяных паров и СА осуществляется в системе центробежных циклонов, после которых полученная биомасса поступает во вторую ступень отгрузки готовой продукции биомассы в циклон-сборник, а СА с примесями биомассы охлаждается в скруббере Вентури, а затем в поверхностном конденсаторе. Далее СА поступает на 3-ю ступень охлаждения и конденсации в поверхностный конденсатор-охладитель с градиентом температуры до 50°C/с. После чего охлажденный до 65-110°C СА вновь поступает через поверхностный нагреватель в сушильную камеру. Готовый продукт выводится из циклона-смесителя, а СА поступает на повторную доочистку и частично - на вход в сушильную камеру. Параметры СА в процессе сушки: на входе в сушильную камеру - 360-600°C, а после конденсации и удаления влаги на входе в нагреватель - 65-110°C.

Недостаток известного способа сушки биомассы заключается в том, что после сушки СА в его составе присутствуют следы белковой пыли, которая будет оседать в межтрубном пространстве с дальнейшим поступлением в сушильную камеру. Со временем в межтрубном пространстве накапливаются отложения, очистка от которых будет вызывать большие сложности или даже может быть невозможной. Из-за использования кожухо-трубчатого теплообменника с жесткими трубными решетками при нагревании СА от 65-110 до 350-600°C будут возникать такие температурные деформации, которые могут разрушить трубные решетки. Поэтому в обязательном порядке требуется установка температурных компенсаторов для исключения температурных деформаций и разрушений решеток. Кроме того, образующиеся при отделении продукта в циклоне-разгрузителе белковые частицы частично направляются в сушильную камеру, нагружая ее мелкодисперсной белковой пылью с концентрацией 200-300 мг/м<sup>3</sup>, которая при температуре 350-600°C будет частично или полностью гореть, тем самым ухудшая состав сушильного агента, делая его токсичным.

Из уровня техники известен способ обезвоживания продуктов микробиологического синтеза (SU 1190162, кл. F26B 3/12, 1985) путем выпаривания исходного раствора с последующей распылительной сушкой полученного концентрата. Из ферментера культуральная жидкость поступает в трехкорпусный выпарной аппарат с непрерывным процессом выпаривания. В трехкорпусном выпарном аппарате с

падающим потоком по ходу жидкости поддерживают следующий температурный режим: в первом корпусе 80-90°C, во втором корпусе - 70-75°C, а в третьем - 60-65°C. Перед подачей раствора на распылительную сушку контролируют вязкость концентрата и поддерживают ее в пределах от 15 до 20 мм<sup>2</sup>/с путем возврата концентрата на выпарку при вязкости ниже 15 мм<sup>2</sup>/с или увеличения расхода при вязкости выше 20 мм<sup>2</sup>/с. Упаренную культуральную жидкость в количестве 4 м<sup>3</sup> высушивают в распылительной сушилке. Температура теплоносителя на входе в распылительную сушилку составляет 145-150°C, а на выходе - 85-90°C. После высушивания указанного количества измеряют толщину отложений на стенках сушильной камеры. Сухой продукт после распылительной сушки выгружают в системе сбора и выгрузки, а отработанный газ удаляют в атмосферу.

Режимы известного способа не исключают поступление с газовоздушными выбросами (ГВВ) пыли готового продукта (микробиологической пыли) в атмосферу, что негативно влияет на экологию. Кроме того, применение энергоемких выпарных станций нецелесообразно, поскольку в настоящее время сепараторы способны в одну ступень сгустить биомассу до 18-20%.

Известен также способ получения биомассы метанооксиляющих микроорганизмов (RU 2053016, опубл. 20.07.1996), включающий непрерывное выращивание на водно-минеральной питательной среде со стабилизацией температуры и pH среды выращивания с использованием метансодержащего газа и газа, содержащего свободный кислород, концентрирование и сушку биомассы, а также энергетическую утилизацию отходящих газов процесса выращивания, частично или полностью используемых для сушки биомассы. Процесс выращивания микроорганизмов осуществляют при давлении в среде выращивания выше атмосферного с частичным использованием в процессе выращивания отработанной среды после концентрирования биомассы, при этом скорость подачи компонентов питания микроорганизмов в процесс и отбора суспензии, содержащей биомассу, из процесса непрерывного выращивания микроорганизмов устанавливают пропорционально потоку, подаваемому для стабилизации pH среды выращивания, а отношение потока возвращаемой в процесс выращивания отработанной среды после концентрирования к потоку отбираемой из процесса суспензии устанавливают так, чтобы обеспечить максимальное значение потока, подаваемого для стабилизации pH среды выращивания, а давление в среде выращивания устанавливают на уровне, минимальном для обеспечения оптимальной концентрации растворенного кислорода в среде выращивания, но не ниже давления, необходимого для транспортировки и энергетической утилизации отходящих из процесса газовых потоков.

Количество метана в отходящем газе после сушки биомассы по известному способу недостаточно для того, чтобы его в дальнейшем можно было бы использовать для подготовки сушильного агента при замкнутом цикле производства кормового белка, что сказывается на эффективности производства.

Технической проблемой, на решение которой направлено изобретение, является создание экологически чистого производства кормового белка при замкнутом контуре теплоносителя, лишенного недостатков прототипа.

Техническим результатом изобретения является повышение эффективности производства кормового белка за счет оптимального использования газового сырья в технологическом процессе в целом, а также повышение качества очистки теплоносителя, положительно влияющего на экологию окружающей среды.

Поставленная проблема и заявленный технический результат достигаются за счет того, что способ производства кормового белка на основе метанооксиляющих бактерий включает непрерывное выращивание на водно-минеральной питательной среде при давлении в среде выращивания выше атмосферного, со стабилизацией температуры и pH среды с использованием метансодержащего газа и газа, содержащего кислород, концентрирование и сушку биомассы, а также энергетическую утилизацию отходящих газов процесса выращивания, частично или полностью используемых для сушки биомассы. Согласно изобретению в качестве метансодержащего газа используют природный газ с содержанием метана 90%, а в качестве газа, содержащего кислород, используют кислородно-воздушную смесь, в которой содержание кислорода 50%, при этом отходящий газ направляют в топку для нагрева сушильного агента.

Содержание кислорода в объеме 50% к воздуху в кислородно-воздушной смеси, подаваемой на аэрацию в ферментер, обеспечивает на выходе из ферментера количество отходящего газа с содержанием метана 25%, что является необходимым и достаточным для сжигания его в топке сушки биомассы. Такое количество метана в отходящем газе позволяет использовать его полностью при сжигании в топке для подготовки сушильного агента, повышая тем самым эффективность производства кормового белка за счет повышенного качества очистки теплоносителя и его сушки.

При этом, если содержание кислорода в кислородно-воздушной смеси менее 50 об.%, количество отходящих газов значительно превысит требуемый объем для сушки кормового белка. В этом случае потребуется либо искать источник применения избытка метана, либо выбрасывать его в атмосферу, тем самым ухудшая экологическую обстановку и снижая экономические показатели процесса производства. Если количество кислорода в кислородно-воздушной смеси превысит 50 об.%, количество метана в отходящем газе будет недостаточным для требуемого количества. При этом режиме работы потребуется добавлять недостающее количество метана.

Способ производства кормового белка на основе метанооксиляющих бактерий осуществлялся следующим образом.

Пример.

Выращивали ассоциацию непатогенных авирулентных нетоксичных, нетоксигенных микроорганизмов на основе метанооксиляющих бактерий *Methylococcus capsulatus* ГБС-15.

Процесс непрерывной ферментации проходил в ферментере, объемом 32 м<sup>3</sup>, на водно-минеральной питательной среде, содержащей соли в виде сульфатов: калия, магния, марганца, железа, меди, цинка, кобальта, а также фосфорную и борную кислоты, молибдат натрия, при избыточном давлении 2 атм, при стабилизации температуры 42°С и рН среды от 5,8 до 6,0 с использованием природного газа с содержанием метана 90 об.%, в качестве метаносодержащего газа и кислородо-воздушной смеси, в которой содержание кислорода 50%, в качестве газа, содержащего кислород.

Продуктивность процесса составила 4 кг/м<sup>3</sup>×ч.

Часовой расход природного газа для этого процесса составлял 415 нм<sup>3</sup>. В результате в 1 ч образовалось 700 нм<sup>3</sup> отходящего газа, в котором содержалось 175 нм<sup>3</sup> метана (см. таблицу).

Такого количества метана достаточно для нагрева сушильного агента, способного высушить 1 т суспензии бактерий.

<i>Сравнительные расходы газов при проведении процесса культивирования метанооксиляющих бактерий с использованием природного газа (90 об.% метана) и кислородосодержащего газа разного состава</i>											
<i>Продуктивность – 4 кг/м<sup>3</sup>×час, V<sub>раб.</sub> = 32 м<sup>3</sup>, производительность – 128 кг/час</i>											
№ п/п	Содержание кислорода в кислородосодержащем газе, об. %	Содержание в отходящем газе,		Расход газов		Колич. образуемого отходящего газа, нм <sup>3</sup>	Состав отходящего газа, в нм				
		СН <sub>4</sub> , %	О <sub>2</sub> , %	Природный газ,	Кислородосодержащий газ,		СН <sub>4</sub> , нм <sup>3</sup>	О <sub>2</sub> , нм <sup>3</sup>	СО <sub>2</sub> ,		Инерт, примеси,
									нм <sup>3</sup>	%	
1	кислородосодержащий газ (50 % кислорода)	25	9	415	680	700	175	65	85	20,5	380
2	кислородосодержащий газ (60 % кислорода)	25	9	360	530	500	125	45	85	23,6	250
3	кислородосодержащий газ (40 % кислорода)	25	9	510	920	1050	260	95	85	16,7	610

Таким образом, можно отметить, что с увеличением количества кислорода в кислородно-воздушной смеси, превышающего 50% от количества воздуха, снижается удельное количество образующегося отходящего газа, и метана в отходящем газе будет недостаточно для осуществления сушки сушильного агента и потребуются добавлять в топку недостающее количество метана, увеличиваются затраты на получение источника кислорода.

В свою очередь, при снижении концентрации кислорода в кислородно-воздушной смеси ниже 50% резко возрастает удельное количество генерируемого отходящего газа, превышающего требуемый объем для сушки кормового белка. В этом случае потребуются излишки отходящих газов выбрасывать в атмосферу, тем самым ухудшая экологическую обстановку и снижая экономические показатели процесса производства.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ производства кормового белка на основе метанооксиляющих бактерий, включающий непрерывное выращивание на водно-минеральной питательной среде при давлении в среде выращивания выше атмосферного, со стабилизацией температуры и рН среды, с использованием метаносодержащего газа и газа, содержащего кислород, концентрирование и сушку биомассы, а также энергетическую утилизацию отходящих газов процесса выращивания, частично или полностью используемых для сушки биомассы, отличающийся тем, что в качестве метаносодержащего газа используют природный газ с содержанием метана 90%, а в качестве газа, содержащего кислород, используют кислородно-воздушную смесь, в которой содержание кислорода 50%, при этом отходящий газ направляют в топку для нагрева сушильного агента.

