

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202392385 (13) A1

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2023.11.01(22) Дата подачи заявки  
2022.02.23

(51) Int. Cl. *C12N 1/14* (2006.01)  
*A01G 18/00* (2018.01)  
*A01G 18/20* (2018.01)  
*A01G 18/30* (2018.01)  
*A01G 18/40* (2018.01)  
*A01G 18/50* (2018.01)  
*C12N 13/00* (2006.01)  
*E04B 1/74* (2006.01)

(54) МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МИЦЕЛИЯ, ВКЛЮЧАЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНУЮ  
ИЗОЛЯЦИЮ, И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ МЕТОДЫ

(31) 2102595.2

(32) 2021.02.24

(33) GB

(86) PCT/EP2022/054572

(87) WO 2022/180123 2022.09.01

(71) Заявитель:

БАЙОХМ ЛТД. (GB)

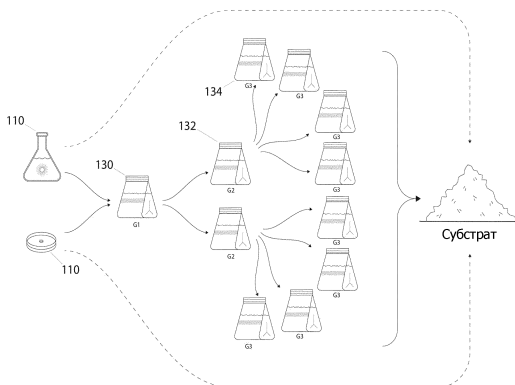
(72) Изобретатель:

Сайед Эхаб, Дриссен Антониус Мари,  
Дженкинс Саманта Джини Ребекка,  
Драйбург Кэндис-Робин, Вердероза  
Франческо, Барнетт Айрин Ли (GB)

(74) Представитель:

Фелицына С.Б. (RU)

(57) Описываются в общих чертах материалы на основе мицеллия, включая высокоэффективную изоляцию, и связанные с ними методы.



A1

202392385

202392385

A1

## МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МИЦЕЛИЯ, ВКЛЮЧАЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНУЮ ИЗОЛЯЦИЮ, И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ МЕТОДЫ

### Область техники

Описываются главным образом материалы на основе мицелия, включая высокоэффективную изоляцию, и связанные с ними способы.

### Сущность изобретения

В настоящем описании описываются материалы на основе мицелия, включая высокоэффективную изоляцию, и связанные с ними способы. Изделия могут включать материалы на основе мицелия, которые включают один или несколько компонентов мицелия. Предмет настоящего раскрытия включает, в некоторых случаях, взаимосвязанные продукты, альтернативные решения конкретной проблемы и/или множество различных применений одной или нескольких систем и/или изделий.

В одном аспекте описывается способ, включающий культивирование мицелия для получения первого зернового мицелия, культивирование первого зернового мицелия для получения маточного мицелия и колонизацию целевого субстрата маточным мицелием. В некоторых воплощениях колонизация включает получение первой смеси диоксида углерода и воды, подачу первой смеси в контейнер, включающий фотосинтезирующие виды, получение кислорода с помощью фотосинтезирующих видов, подачу кислорода к маточному мицелию и получение второй смеси диоксида углерода и воды, и подачу второй смеси в контейнер, включающий фотосинтезирующие виды. В некоторых воплощениях способ дополнительно включает дезактивацию любого мицелия.

В другом аспекте описывается способ, включающий культивирование мицелия для получения первого зернового мицелия, культивирование первого зернового мицелия для получения маточного мицелия, колонизацию целевого субстрата маточным мицелием и дезактивацию маточного мицелия и/или любого мицелия. В некоторых воплощениях любая из стадий культивирования включает скормливание мицелию питательного материала, который обработан смесью кислоты и перекиси.

В другом аспекте описывается способ, включающий культивирование мицелия для получения первого зернового мицелия, культивирование первого зернового мицелия для получения маточного мицелия, колонизацию целевого субстрата маточным мицелием, причем колонизация включает применение электрического поля, по меньшей мере, к части маточного мицелия и/или целевого субстрата, и дезактивацию маточного мицелия и/или любого мицелия.

В другом аспекте описывается материал на основе мицелия, включающий

множество гифальных нитей, в котором мас.% хитина в гифальных нитях превышает или равен 5 мас.%, и целевой субстрат, смешанный с множеством гифальных нитей, причем теплопроводность материала на основе мицелия меньше или равна 0,03 Вт/м·К, причем теплота сгорания материала на основе мицелия меньше или равна 30 МДж/кг, и причем пористость материала на основе мицелия больше или равна 1%.

В другом аспекте описывается материал на основе мицелия, включающий множество гифальных нитей, в котором мас.% хитина в гифальных нитях превышает или равен 5 мас.%, целевой субстрат, смешанный с множеством гифальных нитей, причем теплопроводность материала на основе мицелия меньше или равна 0,1 Вт/м·К, причем теплота сгорания материала на основе мицелия меньше или равна 17 МДж/кг, и причем пористость материала на основе мицелия превышает или равна 1%.

В еще одном аспекте описывается материал на основе мицелия, включающий множество гифальных нитей, и целевой субстрат, смешанный с множеством гифальных нитей, причем мас.% целевого субстрата в материале на основе мицелия превышает или равен 1 мас.%, причем теплопроводность материала на основе мицелия меньше или равна 0,1 Вт/м·К, причем теплота сгорания материала на основе мицелия меньше или равна 30 МДж/кг, и причем пористость материала на основе мицелия превышает или равна 1%.

В еще одном аспекте описывается материал на основе мицелия, включающий множество гифальных нитей, причем множество гифальных нитей расположено с образованием неупорядоченной сетки, и целевой субстрат, смешанный с множеством гифальных нитей, причем теплопроводность материала на основе мицелия меньше или равна 0,1 Вт/м·К, причем теплота сгорания материала на основе мицелия меньше или равна 30 МДж/кг, и причем пористость материала на основе мицелия превышает или равна 1%.

Другие преимущества и новые признаки настоящего раскрытия станут очевидными из следующего далее подробного описания различных неограничивающих воплощений изобретения при рассмотрении в сочетании с прилагаемыми фигурами. В случаях, когда настоящее описание и документ, включенный путем ссылки, включают противоречивое и/или непоследовательное раскрытие, настоящее описание имеет преимущество.

#### Краткое описание чертежей

Неограничивающие воплощения настоящего изобретения будут описываться в качестве примеров со ссылкой на прилагаемые фигуры, которые являются схематичными и не предназначены для отображения масштаба. На фигурах каждый проиллюстрированный идентичный или почти идентичный компонент обычно представлен одной цифрой. В целях наглядности не каждый компонент обозначен на

каждой фигуре, и не каждый компонент каждого воплощения изобретения показан там, где иллюстрация не является необходимой, чтобы позволить специалистам в данной области техники понять изобретение. Фигуры показывают следующее:

фиг. 1А-1В являются схематическими иллюстрациями роста одного или нескольких зерновых мицелиев, начиная с культуры мицелия, согласно некоторым воплощениям; и

на фиг. 2 показана схематическая иллюстрация системы для применения тока к мицелию согласно некоторым воплощениям.

#### Подробное описание

В настоящем описании описываются способы и изделия, включающие мицелий. Мицелий образует вегетативную корневую часть гриба и может иметь ветвящиеся нитевидные гифы, которые могут проникать в субстрат. Способы, описанные в настоящем описании, можно использовать для получения материалов, которые включают мицелий. Мицелий может быть использован для придания полезных свойств (например, структурной поддержки, низкой теплопроводности) материалам на основе мицелия. Соответственно, материалы на основе мицелия могут включать мицелий или один или несколько компонентов из мицелия (например, гифальные нити, клеточные стенки мицелия). Мицелий используют для выращивания материала из целевого субстрата, и живой мицелий внутри материала, в некоторых воплощениях, впоследствии может быть дезактивирован таким образом, что материал на основе мицелия не содержит живого мицелия, хотя в то же время содержит компоненты из мицелия.

Способы и изделия, описанные в настоящем описании, могут иметь некоторые преимущества по сравнению с некоторыми существующими способами получения материалов на основе мицелия. Как одно из преимуществ, описанный в настоящем описании мицелий может быть сконфигурирован (например, культивирован) для разложения (или, по меньшей мере, частичного разложения) целевого субстрата, такого как полимеры или пластмассы, которые трудно разложить с использованием определенных существующих методов. В некоторых случаях целевой субстрат может быть, по меньшей мере, частично или полностью поглощен мицелием.

Как другое преимущество, мицелий (т.е. гифы мицелия) можно подобрать, адаптировать к конкретному целевому субстрату или иным образом сконфигурировать для разложения. Например, мицелий может образовывать более твердые или негибкие гифы для проникновения в целевой субстрат, если целевой субстрат относительно твердый и/или непористый. Мицелий может также продуцировать соединения (например, ферменты), которые также облегчают разложение конкретного целевого субстрата. В

некоторых случаях полученный материал на основе мицелия может получить пользу от разложения конкретного целевого субстрата. Например, когда мицелий разлагает относительно твердый целевой субстрат, образующиеся в результате гифы могут быть структурно более прочными или содержать более высокие концентрации хитина в гифальных нитях мицелия по сравнению с разложением более мягкого целевого субстрата. Такое преимущество может быть использовано для настройки или подбора получаемого материала на основе мицелия материала с определенными свойствами (например, твердостью, теплопроводностью, огнестойкостью, термостойкостью).

Мицелий может расти, питаясь субстратом (например, целевым субстратом). Субстратом в данном контексте является любой материал, который мицелий способен переваривать или разлагать, или любое другое питательное сырье, которое может быть инокулировано мицелием для получения материалов на основе мицелия. Субстратом могут являться различные подходящие материалы. В некоторых воплощениях субстрат включает лигноцеллюлозный материал. В некоторых воплощениях субстрат включает биоматериал, такой как конопля, лен, хлопок, пробка, овечья шерсть, древесина и/или кокосовые волокна, без ограничения. В некоторых воплощениях субстрат включает нелигноцеллюлозный материал, такой как синтетические материалы. В некоторых воплощениях субстрат включает пластик или полимер. Неограничивающие примеры подходящих полимеров включают полиэтилен (например, полиэтилен низкой плотности, полиэтилен высокой плотности), полипропилен, полиуретан и/или полистирол. Специалисты в данной области техники с учетом положений настоящего изобретения будут способны выбрать подходящие субстраты для мицелия.

В некоторых воплощениях субстрат (например, целевой субстрат) имеет определенную твердость. Твердость субстрата можно измерить с использованием модуля упругости Юнга. В некоторых воплощениях субстрат имеет модуль упругости Юнга, превышающий или равный 1 ГПа, превышающий или равный 5 ГПа, превышающий или равный 10 ГПа, превышающий или равный 20 ГПа, превышающий или равный 30 ГПа, превышающий или равный 40 ГПа, больше или равный 50 ГПа, превышающий или равный 75 ГПа, превышающий или равный 100 ГПа, превышающий или равный 110 ГПа, превышающий или равный 120 ГПа, превышающий или равный 130 ГПа. В некоторых воплощениях субстрат имеет модуль упругости Юнга меньше или равный 130 ГПа, меньше или равный 120 ГПа, меньше или равный 110 ГПа, меньше или равный 100 ГПа, меньше или равный 75 ГПа, меньше или равный 50 ГПа, меньше или равный 40 ГПа, меньше или равный 30 ГПа, меньше или равный 20 ГПа, меньше или равный 10 ГПа, меньше или равный 5 ГПа, или меньше или равный 1 ГПа. Также возможны комбинации

указанных выше диапазонов (например, больше или равный 1 ГПа и меньше или равный 130 ГПа).

Как упоминалось выше, целевой субстрат может быть выбран для придания одного или нескольких желаемым физическим и/или химических свойств материалу на основе мицелия. В некоторых воплощениях мицелий полностью поглощает целевой субстрат для того, чтобы продуцировать материал на основе мицелия. Однако в других воплощениях целевой субстрат расходуется только частично, так что полученный материал на основе мицелия содержит, по меньшей мере, некоторую часть целевого субстрата. При потреблении целевого субстрата материал на основе мицелия может приобретать желаемые свойства в результате использования целевого субстрата, такие как повышенная концентрация (например, массовая доля, массовый процент, мольная фракция) структурного компонента внутри мицелия (например, гиаловых нитей), такого как хитин, полисахариды или другая химическая частица мицелия. В некоторых воплощениях потребление целевого субстрата может изменить (например, увеличить) количество неструктурного компонента, например, количество белка или другого метаболита мицелия, в материале на основе мицелия. Специалисты в данной области техники с учетом положений настоящего изобретения смогут определить, должен ли целевой субстрат расходоваться полностью или целевой субстрат израсходуется только частично, так что конечный продукт на основе мицелия будет включать по меньшей мере некоторое количество целевого субстрата.

Для того, чтобы получить материалы на основе мицелия, разрабатывают культуру мицелия, которую можно использовать для инокуляции или колонизации целевого субстрата. Соответственно, способы, описанные в настоящем описании, могут включать культивирование мицелия. В некоторых воплощениях культуры мицелия поддерживают в их экспоненциальной фазе роста с тем, чтобы достичь относительно высокой скорости роста мицелия. Известны различные методы культивирования. Например, мицелий можно культивировать с использованием чашек Петри или жидкой среды (т.е. жидкой культуры), содержащей питательные вещества (например, солодовый экстракт, дрожжи). Мицелий можно вырастить для отбора по определенным свойствам (например, скорости роста, метаболизму), которые могут быть полезны при изготовлении материалов на основе мицелия. В некоторых воплощениях культивируют один вид мицелия. Однако в других воплощениях можно культивировать более одного вида мицелия.

Мицелий можно культивировать в условиях, подходящих для облегчения роста мицелия. Например, температуру роста мицелия можно регулировать и (выращивать мицелий) при температуре, превышающей или равной 4°C, превышающей или равной

5°C, превышающей или равной 6°C, превышающей или равной 7°C, превышающей или равной 8°C, превышающей или равной 9°C, превышающей или равной 10°C, превышающей или равной 15°C, превышающей или равной 20°C, превышающей или равной 21°C, превышающей или равной 22°C, превышающей или равной 23°C, превышающей или равной 24°C, превышающей или равной 25°C, превышающей или равной 26°C, превышающей или равной 27°C, превышающей или равной 28°C, превышающей или равной 29°C или превышающей или равной 30°C. В некоторых вариантах осуществления температура роста культивируемого мицелия ниже или равна 30°C, ниже или равна 29°C, ниже или равна 28°C, ниже или равна 27°C, ниже или равна 26°C, ниже или равна 25°C, ниже или равна 24°C, ниже или равна 23°C, ниже или равна 22°C, ниже или равна 21°C, ниже или равна 20°C, ниже или равна 15°C, ниже или равна 10°C, ниже или равна 9°C, ниже или равна 8°C, ниже или равна 7°C, ниже или равна 6°C, ниже или равна 5°C или ниже или равна 4°C. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, превышающей или равной 20°C и ниже или равна 30°C). Возможны и другие диапазоны.

В некоторых воплощениях мицелий может выделять тепло по мере его культивирования и роста, и в некоторых таких воплощениях это тепло можно использовать для пассивного поддержания температуры в термостатных зонах без необходимости внешних нагревателей, что может снизить затраты и потребление энергии при культивировании мицелия. Однако в некоторых воплощениях для регулирования температуры роста мицелия может использоваться нагреватель (и/или кондиционер воздуха, такой как те, которые используются в системах HVAC). В некоторых воплощениях могут использоваться один или несколько датчиков для определения температуры роста мицелия (т.е. для определения температуры окружающей среды, в которой культивируется мицелий) и могут быть сконфигурированы (например, посредством подключения к нагревателю и/или кондиционеру воздуха) для регулировки температуры до желаемой температуры выращивания.

В некоторых случаях к культивируемому мицелию можно применить классическую селекцию штаммов, чтобы мицелий со свойствами, подходящими для конкретного применения, мог расти среди различных штаммов дикого типа (например, невыращенных штаммов), для того, чтобы получить уникальные штаммы, предназначенные для желаемого применения материала на основе мицелия. В некоторых таких воплощениях переменные, такие как деградация лигноцеллюлозы, скорость размножения (т.е. скорость колонизации) и/или устойчивость к другим микробам, могут быть полезными генетическими признаками для использования при отборе.

В некоторых воплощениях собирают базидиоспоры (репродуктивную спору, продуцируемую, по меньшей мере, некоторым количеством мицелия), из которых выращивают монокарионы (потомство). Затем можно объединить совместимые типы спаривания для образования дикариотического мицелия, который может содержать в два раза больше доступной им генетической информации. Эти потомства можно протестировать на целевом субстрате. В некоторых воплощениях изоляты, которые благоприятно взаимодействуют с целевым субстратом, можно отбирать, объединять и постоянно подвергать повторяющемуся циклу размножения, что в конечном итоге приводит к накоплению полезных мутаций и видообразованию мицелия. Дифференциацию и эволюцию образцов можно подтверждать в экспериментах на антагонизм и анализе случайно амплифицированной полиморфной ДНК.

Культуру мицелия можно дополнительно развить, позволив культуре мицелия инокулировать питательное «зерно» для переваривания мицелием. При переваривании зерна популяция мицелия увеличивается и позволяет «зерновому мицелию» увеличиваться в размерах. Такие зерновые мицелии можно выращивать последовательно, причем часть первого зерна берут для заселения второго зерна мицелия для инокуляции. Однако следует понимать, что мицелий может инокулировать питательный материал, отличный от зерна (например, сложный питательный субстрат), поскольку данное раскрытие этим не ограничено.

На фиг. 1А приводится блок-схема, демонстрирующая получение зерен из исходной культуры мицелия. На фигуре мицелий 110, полученный из культуры мицелия, снабжают питательным материалом 120 (например, «зерном») для того, чтобы получить первый зерновой мицелий 130, который включает мицелий, выращенный из культуры мицелия 110. Питательный материал 120 может включать соединения, которые способствуют росту мицелия (например, зерно, исходное сырье, солодовый экстракт, дрожжи), в дополнение к другим компонентам (например, ферментам, усилителям продуцирования ферментов).

Мицелий, выросший в первом зерновом мицелии, может быть использован для получения дополнительного мицелия во втором зерновом мицелии. Например, как схематично проиллюстрировано на фиг. 1А, первый зерновой мицелий 130 снабжают дополнительным питательным материалом 122 для получения второго зернового мицелия 132, который включает недавно выращенный мицелий из первого зернового мицелия 130. Хотя тот же питательный материал, используемый для производства первого зернового мицелия, может иметь тот же состав, что и питательный материал, используемый для производства второго зернового мицелия, в некоторых случаях питательный материал



различается. Иными словами, в некоторых воплощениях питательный материал 120 и питательный материал 122 могут быть одинаковыми; однако в других воплощениях питательные материалы 120 и 122 различны. Как показано иллюстративно на данной фигуре, в некоторых воплощениях второй зерновой мицелий (или первый зерновой мицелий) может быть использован для получения маточного мицелия 140, как описано подробнее ниже. Маточный мицелий может включать мицелий, который можно использовать для колонизации субстрата (например, целевого субстрата).

Питательный материал может представлять собой или включать питательные вещества, которые мицелий может использовать для питания и роста. В некоторых случаях питательный материал может усложняться от первого зернового мицелия к последующим зерновым мицелиям (например, второму зерновому мицелию, третьему зерновому мицелию, четвертому зерновому мицелию). Например, питательный материал, используемый для питания исходной культуры мицелия, может включать относительно простой питательный материал (например, солодовый экстракт, дрожжи, простые углеводы), в то время как последующие питательные материалы могут включать относительно более сложный (например, труднее усваиваемый) питательный материал (например, субстраты на растительной основе, травы, зерна, семена, шелуху, потоки отходов на основе древесины). Без желания привязываться к какой-либо конкретной теории, присутствие трудноусвояемых питательных веществ может оказывать влияние на клеточный состав мицелия, например, смещая состав к более высоким концентрациям липидов, белков и хитина. Кроме того, при использовании более сложного и/или трудноусвояемого питательного материала (или субстрата) кончики гиф мицелия могут становиться более жесткими и прочными для адаптации к давлению при проникновении в более твердый или сложный питательный материал. В некоторых случаях такие изменения состава могут благоприятно влиять на качество материала на основе мицелия (например, жесткость, гидрофобность, негорючесть). В некоторых воплощениях питательный материал включает, по меньшей мере, некоторое количество целевого субстрата, так что мицелий может подвергаться воздействию целевого субстрата во время своего роста для развития или содействия развитию желаемых свойств материала на основе мицелия.

Используемый в настоящем описании термин «зерно» относится к исходному материалу, используемому для выращивания мицелия, или к исходному материалу, который инокулируется мицелием. Соответственно, «зерновой мицелий» представляет собой смесь питательного материала (например, зерна) и мицелия. Первый зерновой мицелий получается из исходного количества мицелия (например, из культуры мицелия) и

питательного материала. В некоторых воплощениях добавочные зерновые мицелии могут быть получены с использованием первого зернового мицелия или второго зернового мицелия. Например, первый зерновой мицелий (или, по меньшей мере, часть первого зернового мицелия, например, 10 мас.%) может быть использован для получения второго зернового мицелия, второй зерновой мицелий может быть использован для получения третьего зернового мицелия, третий зерновой мицелий может быть использован для получения четвертого зернового мицелия, и так далее. Каждый последующий зерновой мицелий может включать, по меньшей мере, часть мицелия из предыдущего зернового мицелия. Например, на фиг. 1В культура 110 мицелия смешивается с исходным сырьем для получения первого зернового мицелия 130. Впоследствии, по меньшей мере часть первого зернового мицелия 130 используется для получения второго зернового мицелия 132, и по меньшей мере часть второго зернового мицелия 132 используется для получения третьего зернового мицелия 134.

В некоторых воплощениях зерновой мицелий формируют при использовании превышающего или равного 1 мас.%, превышающего или равного 2 мас.%, превышающего или равного 3 мас.%, превышающего или равного 4 мас.%, превышающего или равного 5 мас.%, превышающего или равного 7 мас.%, превышающего или равного 10 мас.%, превышающего или равного 12 мас.%, превышающего или равного 15 мас.%, превышающего или равного 18 мас.%, превышающего или равного 20 мас.%, превышающего или равного 25 мас.% или превышающего или равного 30 мас.% желаемого общего количества зернового мицелия. В некоторых воплощениях зерновой мицелий формируют при использовании меньшего или равного 30 мас.%, меньшего или равного 25 мас.%, меньшего или равного 20 мас.%, меньшего или равного 18 мас.%, меньшего или равного 15 мас.%, меньшего или равного 12 мас.%, меньшего или равного 10 мас.%, меньшего или равного 7 мас.%, меньшего или равного 5 мас.%, меньшего или равного 4 мас.%, меньшего или равного 3 мас.%, меньшего или равного 2 мас.% или меньшего или равного 1 мас.% желаемого общего количества зернового мицелия. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, превышающего или равного 1 мас.% и меньшего или равного 30 мас.%). Возможны и другие диапазоны. Как гипотетический иллюстративный пример, если требуется 100 г второго зернового мицелия, тогда для формирования второго мицелия можно использовать 10 г (т.е. 10 мас.% от 100 г) первого мицелия, в то время как оставшиеся 90 г содержат питательный материал или другие компоненты (например, для производства усилителей ферментов, медиаторов).

В некоторых воплощениях питательный материал подвергается процессу

пастеризации (например, перед введением питательного материала в мицелий). Этот процесс можно использовать для удаления или уменьшения количества любых потенциальных патогенов или загрязняющих веществ, которые могли бы подавлять рост мицелия. Можно использовать различные подходящие способы пастеризации. Например, в некоторых воплощениях питательный материал подвергают пастеризации паром. В некоторых воплощениях питательный материал обрабатывают в автоклаве. В некоторых воплощениях питательный материал подвергают химической пастеризации, например, с использованием пероксида водорода, как описано подробнее ниже.

В некоторых воплощениях питательный материал может включать или быть обработан смесью кислот и/или пероксидов (например, перед введением питательного материала в мицелий). Иными словами, культивирование может включать скормливание мицелию питательного материала, который обработан смесью кислоты и пероксида. Кислоты или пероксиды, независимо друг от друга или в комбинации, могут использоваться для уменьшения или минимизации количества микроорганизмов в питательном материале, аналогично другим процессам пастеризации (например, пастеризации паром). Использование кислот и/или пероксидов для обработки питательного материала может быть особенно выгодным, когда необходимо обработать относительно большие количества питательного материала, поскольку раствор кислот и/или пероксида может способствовать лучшему разложению материала и способствовать доступности питательных веществ для мицелия.

Комбинация кислоты и пероксида может быть особенно выгодной. В некоторых воплощениях комбинация кислоты с пероксидом (например, пероксидом водорода) может повышать окислительную способность пероксида водорода. Без желания привязываться к какой-либо конкретной теории, их комбинация может приводить к образованию активных форм кислорода в дополнение к нагреванию, что может способствовать уменьшению количества микроорганизмов, присутствующих в питательном материале, по сравнению с использованием определенной кислоты или пероксида по отдельности. В некоторых случаях, после обработки питательного материала смесью кислоты и/или пероксида, смесь может быть нейтрализована или сделана химически инертной таким образом, чтобы смесь не ингибировала или не инактивировала мицелий, присутствующий в зерновом мицелии или маточном мицелии.

В некоторых воплощениях смесь кислоты и пероксида включает лимонную кислоту и/или пероксид водорода. Однако в смеси могут быть использованы различные кислоты и/или пероксиды. Неограничивающие примеры кислот включают органические кислоты (например, лимонную кислоту, уксусную кислоту), фосфорную кислоту,

хлороводородную кислоту, азотную кислоту и/или серную кислоту. Неограничивающие примеры пероксидов включают пероксид водорода (например,  $\text{H}_2\text{O}_2$  в 30 мас.%  $\text{H}_2\text{O}$ ), органические пероксиды (например, бензоилпероксид) или другие пероксиды.

В некоторых воплощениях концентрация пероксида (например, пероксида водорода) в растворе, используемом для обработки питательного материала (или субстрата), больше или равна 1 мас.%, больше или равна 3 мас.%, больше или равна 5 мас.%, больше или равна 7 мас.%, больше или равна 10 мас.%, больше или равна 15 мас.%, больше или равна 20 мас.%, больше или равна 30 мас.%, или больше или равна 35 мас.% раствора. В некоторых воплощениях концентрация пероксидов в растворе, используемом для обработки питательного материала (или субстрата), меньше или равна 10 мас.%, меньше или равна 7 мас.%, меньше или равна 5 мас.%, меньше или равна 3 мас.% или меньше или равна 1 мас.% раствора. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, больше или равна 1 мас.% и меньше или равна 10 мас.%). Возможны и другие диапазоны.

В некоторых воплощениях  $\text{pK}_a$  используемой кислоты меньше или равна 5, меньше или равна 4, меньше или равна 3, меньше или равна 2, меньше или равна 1, меньше или равна 0, меньше или равна -1, меньше или равна -2 или меньше или равна -3. В некоторых воплощениях  $\text{pK}_a$  кислоты больше или равна -3, больше или равна -2, больше или равна -1, больше или равна 0, больше или равна 1, больше или равна 2, больше или равна 3, больше или равна 4 или больше или равна 5. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, больше или равна 0 и меньше или равна 4). Возможны и другие диапазоны.

Культивирование может также включать предоставление зерновому мицелию (например, первому зерновому мицелию, второму зерновому мицелию) усилителей продукции ферментов. Усилители продукции ферментов могут увеличить количество ферментов, продуцируемых мицелием, что может улучшить их рост или помочь мицелию расщеплять субстрат. В некоторых воплощениях могут быть включены усилители продукции ферментов для усиления регуляции экспрессии генов, которые подходят для расщепления целевого субстрата. Без желания привязываться к какой-либо конкретной теории, усилители продукции ферментов могут усиливать транскрипцию представляющих интерес ферментов (например, ферментов, расщепляющих лигнин, таких как лакказа и пероксидаза) и могут быть добавлены во время фазы созревания зернового мицелия (например, созревания первого зернового мицелия, созревания второго зернового мицелия, созревания третьего зернового мицелия) перед введением целевого субстрата. В некоторых воплощениях усилитель продукции фермента включает ионы металлов или их

соли (например, соль меди), соли аммония, сульфаты, пептонную воду и/или органические соединения (например, ксилитины).

В некоторых воплощениях мицелий культивируют в присутствии медиаторов. При использовании в данном контексте медиатор представляет собой органическое соединение, которое может быть окислено ферментами, продуцируемыми мицелием (например, лакказой), с образованием, без желания привязываться к какой-либо конкретной теории, высокореактивных катионных радикалов, способных окислять нефенольные соединения, которые лакказа сама по себе окислить не может. В некоторых воплощениях медиатор включает NHPI (N-гидроксифталиимид), VLA (виолуровая кислота (5-изонитрозобарбитуровая кислота)), TEMPO (2,2',6,6'-тетраметилпиперидин), ТМАН (тетраметиламмонийгидроксид) и/или NHA (N-гидрокси-N-фенилацетамид).

В некоторых воплощениях первый зерновой мицелий или второй зерновой мицелий может быть использован для получения маточного мицелия. Маточный мицелий может включать мицелий, который предназначен для колонизации одного или нескольких целевых субстратов после развития из зернового мицелия. Например, как схематично показано на фиг. 1А, второй зерновой мицелий 132 продуцирует маточный мицелий 140. Однако следует понимать, что в некоторых воплощениях маточный мицелий 140 может быть продуцирован из первого зернового мицелия 130. Иными словами, в некоторых случаях второй зерновой мицелий 132 и/или любые последующие зерновые мицелии могут быть необязательными. И хотя на фигуре это не показано, в некоторых воплощениях могут иметься один или несколько добавочных зерновых мицелиев (например, третий зерновой мицелий, четвертый зерновой мицелий, пятый зерновой мицелий), которые могут дать начало маточному мицелию. Специалисты в данной области техники с учетом положений настоящего изобретения будут способны определить количество зерновых мицелиев, используемых для получения маточного мицелия.

Маточный мицелий включает мицелий, который может быть использован для колонизации субстрата (например, целевого субстрата). В некоторых воплощениях субстрат может быть колонизирован пластинчатой культурой мицелия или жидкой культурой мицелия. В некоторых воплощениях колонизация включает смешивание мицелия с целевым субстратом. При колонизации целевого субстрата мицелий маточного мицелия может (по меньшей мере частично) разрушать или разлагать целевой субстрат по мере роста мицелия, продуцируя новый мицелий со свойствами, связанными с целевым субстратом или производными от него. В некоторых воплощениях мицелий лишь частично разлагает целевой субстрат, так что по меньшей мере часть исходного целевого

субстрата присутствует в получаемом материале или продукте на основе мицелия. В некоторых воплощениях количество целевого субстрата в материале на основе мицелия больше или равно 1 мас.%, больше или равно 3 мас.%, больше или равно 5 мас.%, больше или равно 10 мас.%, больше или равно 15 мас.%, больше или равно 20 мас.%, больше или равно 25 мас.%, больше или равно 30 мас.%, больше или равно 40 мас.%, больше или равно 50 мас.%, больше или равно 60 мас.% или больше или равно 70 мас.% относительно общей массы материала на основе мицелия. В некоторых воплощениях количество целевого субстрата в материале на основе мицелия меньше или равно 70 мас.%, меньше или равно 60 мас.%, меньше или равно 50 мас.%, меньше или равно 40 мас.%, меньше или равно 30 мас.%, меньше или равно 25 мас.%, меньше или равно 20 мас.%, меньше или равно 15 мас.%, меньше или равно 10 мас.%, меньше или равно 5 мас.%, меньше или равно 3 мас.% или меньше или равно 1 мас.% относительно общей массы материала на основе мицелия. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, больше или равно 1 мас.% и меньше или равно 70 мас.%). Возможны и другие диапазоны. Однако в других воплощениях целевой субстрат в значительной степени поглощается мицелием, так что в получаемом материале или продукте на основе мицелия целевой субстрат присутствует в незначительном количестве (например, меньше 1 мас.%, меньше или равно 0,1 мас.%) или вообще отсутствует.

В некоторых случаях мицелий потребляет кислород (например, газообразный кислород) по мере колонизации или роста, производя воду и диоксид углерода в качестве побочных продуктов. В некоторых таких воплощениях диоксид углерода и вода, продуцируемые мицелием, могут поступать к одному или нескольким фотосинтезирующим организмам, которые, в свою очередь, могут потреблять диоксид углерода и воду для продуцирования кислорода, который может поступать обратно к мицелию. Таким образом, может поддерживаться круговой цикл или замкнутая система, в которых мицелий обеспечивает фотосинтезирующему виду диоксид углерода и воду, а фотосинтезирующий вид обеспечивает кислород мицелию или его производному, которое может производить больше диоксида углерода для обеспечения фотосинтезирующего вида. В таких воплощениях такая система может выгодно снижать или устранять выбросы диоксида углерода из мицелия, и также может помогать контролировать или регулировать окружающую среду мицелия. Соответственно, в некоторых воплощениях колонизация включает продуцирование первой смеси диоксида углерода и воды, подачу первой смеси в контейнер и/или контролируемую среду, включающую фотосинтезирующие виды (например, в теплицу), продуцирование кислорода фотосинтезирующими видами, подачу кислорода к мицелию (который, в некоторых воплощениях, может содержаться в

термостатной зоне), продуцирование второй смеси диоксида углерода и воды и/или подачу второй смеси диоксида углерода и воды в контейнер и/или контролируемую среду, включающую фотосинтезирующие виды. В некоторых воплощениях круговой цикл может поддерживаться непрерывным или циркуляционным способом, так что мицелий и фотосинтезирующие виды непрерывно обеспечивают друг друга диоксидом углерода/водой и кислородом.

В некоторых воплощениях могут применяться электрический ток или электрическое поле до, во время или после культивирования мицелия. Электричество, как правило, может усиливать рост мицелия во время культивирования мицелия или колонизации субстрата. В некоторых воплощениях колонизация включает применение электрического поля, по меньшей мере, к части маточного мицелия и/или целевого субстрата. Без желания привязываться к какой-либо конкретной теории, мицелий может самопроизвольно расти радиальным образом из точки или центрального местоположения. Однако в контексте настоящего раскрытия признано, что применение тока или электрического поля к мицелию может прерывать или нарушать радиальный рост мицелия, так что расположение или ориентация мицелия в материале на основе мицелия могут быть изменены (например, настроены, контролируемы, имеют форму) во время роста. Это можно выгодно использовать для управления направлением роста мицелия, которое может быть использовано для избирательного регулирования ориентации мицелия в материале на основе мицелия. В некоторых воплощениях применение тока может также увеличить скорость роста мицелия. Кроме того, в некоторых воплощениях, применение электрического поля или тока можно использовать для регулирования направления роста мицелия таким образом, что не требуется дополнительного формирования или придания формы (например, выращивание материала на основе мицелия в форме).

Электрическое поле или электрический ток можно применять любым подходящим способом. Например, в некоторых воплощениях для подачи напряжения на мицелий можно использовать электроды, подсоединенные к потенциостату. В некоторых воплощениях к мицелию применяют потенциал, превышающий или равный 1 В, превышающий или равный 10 В, превышающий или равный 20 В, превышающий или равный 25 В, превышающий или равный 50 В, превышающий или равный 100 В, превышающий или равный 250 В, превышающий или равный 500 В, превышающий или равный 1 кВ, превышающий или равный 2 кВ, превышающий или равный 3 кВ, превышающий или равный 4 кВ, превышающий или равный 5 кВ, превышающий или равный 10 кВ (например, во время культивирования, во время колонизации). В некоторых

воплощениях потенциал меньше или равен 10 кВ, меньше или равен 5 кВ, меньше или равен 4 кВ, меньше или равен 3 кВ, меньше или равен 2 кВ, меньше или равен 1 кВ, меньше или равен 500 В, меньше или равен 250 В, меньше или равен 100 В, меньше или равен 50 В, меньше или равен 25 В, меньше или равен 20 В, меньше или равен 10 В или меньше или равен 1 В. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, потенциал, примененный к мицелию, больше или равен 1 В и меньше или равен 10 В,). Возможны и другие диапазоны.

В некоторых воплощениях напряжение или электрический ток, применяемые к мицелию, являются импульсными (например, 1-секундный импульс, 10-секундный импульс, 1-минутный импульс, 10-минутный импульс). В некоторых таких воплощениях ориентация мицелия неупорядочивается или рандомизируется путем пульсации электрического тока, что может благоприятно упрочнить полученный материал на основе мицелия.

В некоторых воплощениях мицелий может быть дезактивирован или иным образом приведен в биологически неактивное состояние. В таком случае материал на основе мицелия включает относительно мало живого мицелия или вообще его не содержит. В то время как в материале на основе мицелия живого мицелия может присутствовать относительно мало до его отсутствия, компоненты мицелия (например, гифальные нити, белки, липиды) могут оставаться в материале на основе мицелия. Следует также понимать, что ориентация роста мицелия (например, регулируемая электрическим током или полем) может оставаться неизменной даже после дезактивации мицелия. В некоторых воплощениях мицелий дезактивируется во время или после колонизации субстрата (например, целевого субстрата). В некоторых воплощениях дезактивация мицелия может также способствовать отверждению материала на основе мицелия.

В некоторых воплощениях дезактивация мицелия включает первую стадию деактивации и, необязательно, вторую стадию дезактивации и/или дополнительные стадии дезактивации. Первая стадия активации может, по меньшей мере, частично дезактивировать мицелий (например, при относительно более низкой температуре), в то время как последующая стадия дезактивации может полнее дезактивировать мицелий (например, при относительно более высокой температуре). Для дезактивации мицелия можно использовать различные методы, некоторые из которых подробнее описаны ниже.

В некоторых воплощениях дезактивация мицелия включает нагревание и/или дегидратацию мицелия. Для нагревания и/или дегидратации мицелия можно использовать любой подходящий метод, такой как, как неограничивающие примеры, вакуумный насос, сушильная печь, вакуумный духовой шкаф, нагреватель, химические обезвоживающие



агенты.

В некоторых воплощениях дезактивация мицелия (например, первая стадия дезактивации) включает нагревание мицелия до температуры, превышающей или равной 40°C, превышающей или равной 50°C, превышающей или равной 60°C, превышающей или равной 70°C, превышающей или равной 80°C, превышающей или равной 90°C или превышающей или равной 100°C. В некоторых воплощениях дезактивация мицелия включает нагревание мицелия до температуры меньшей или равной 100°C, меньшей или равной 90°C, меньшей или равной 80°C, меньшей или равной 70°C, меньшей или равной 70°C, меньшей или равной 50°C или меньшей или равной 40°C. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, превышающей или равной 40°C и меньшей или равной 100°C). Возможны и другие диапазоны.

В некоторых воплощениях дезактивация мицелия (например, первая стадия дезактивации, вторая стадия дезактивации) включает нагревание мицелия до температуры, превышающей или равной 110°C, превышающей или равной 120°C, превышающей или равной 130°C, превышающей или равной 140°C, превышающей или равной 150°C, превышающей или равной 160°C, превышающей или равной 170°C, превышающей или равной 180°C, превышающей или равной 190°C, превышающей или равной 200°C, превышающей или равной 210°C или превышающей или равной 220°C. В некоторых воплощениях дезактивация мицелия включает нагревание мицелия до температуры меньшей или равной 220°C, меньшей или равной 210°C, меньшей или равной 200°C, меньшей или равной 190°C, меньшей или равной 180°C, меньшей или равной 170°C, меньшей или равной 160°C, меньшей или равной 150°C, меньшей или равной 140°C, меньшей или равной 130°C, меньшей или равной 120°C или меньшей или равной 110°C. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, превышающей или равной 110°C и меньшей или равной 180°C). Возможны и другие диапазоны.

В некоторых воплощениях дезактивация мицелия включает применение к мицелию радиочастоты (например, микроволн). В некоторых случаях применение радиочастоты к мицелию термически активизирует мицелий (или один или несколько компонентов внутри мицелия или рядом с мицелием, таких как питательный материал), избегая при этом прямого воздействия тепла на мицелий. Можно использовать любой подходящий способ для обеспечения радиочастоты.

В некоторых воплощениях дезактивация мицелия включает лиофилизацию (т.е. сушку вымораживанием). Лيوфилизацию можно осуществить, например, с использованием лабораторного или коммерческого лиофилизатора.

Как упоминалось выше, мицелий может быть использован для получения материалов на основе мицелия, которые включают один или несколько компонентов мицелия (например, гифальные нити). Материал на основе мицелия может являться конечным продуктом, например, для продажи или использования в качестве изоляции в домах или сооружениях, или может являться предшественником конечного продукта, который может быть подвергнут дальнейшей обработке (например, сушке).

В некоторых воплощениях материал на основе мицелия включает множество гифальных нитей. Гифальные нити обеспечивают поддержку и структуру мицелия и могут быть использованы для придания поддержки и структуры, наряду с другими свойствами, материалам на основе мицелия даже после того, как мицелий дезактивирован. В некоторых воплощениях гифальные нити могут быть смешаны с целевым субстратом, что также может помочь обеспечить поддержку материалам на основе мицелия. В некоторых случаях гифальные нити содержат такие соединения, как хитин и/или полисахариды, которые могут придавать желаемые свойства материалу на основе мицелия. В некоторых воплощениях внутри материала на основе мицелия множество гифальных нитей остается неповрежденным или неразрушенным. Однако в других воплощениях, по меньшей мере, часть содержимого гифальных нитей мицелия может быть разрушена таким образом, что соединения внутри гиф диспергируются в материале на основе мицелия.

В некоторых воплощениях материал на основе мицелия имеет определенный массовой процент хитина внутри гифальных нитей или внутри материала на основе мицелия. В некоторых воплощениях мас.% хитина превышает или равен 1 мас.%, превышает больше или равен 3 мас.%, превышает или равен 5 мас.%, превышает или равен 10 мас.%, превышает или равен 12 мас.%, превышает или равен 15 мас.%, превышает или равен 18 мас.%, превышает или равен 20 мас.%, превышает или равен 25 мас.%, превышает или равен 30 мас.%, превышает или равен 40 мас.% или превышает или равен 50 мас.% относительно общей массы материала на основе мицелия. В некоторых воплощениях мас.% хитина меньше или равен 50 мас.%, меньше или равен 40 мас.%, меньше или равен 30 мас.%, меньше или равен 25 мас.%, меньше или равен 20 мас.%, меньше или равен 18 мас.%, меньше или равен 15 мас.%, меньше или равен 12 мас.%, меньше или равен 10 мас.%, меньше или равен 5 мас.% или меньше или равен 3 мас.% или меньше или равен 1 мас.% относительно общей массы материала на основе мицелия. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, превышает или равен 1 мас.% и меньше или равен 50 мас.%). Возможны и другие диапазоны. В некоторых воплощениях хитин внутри материала на основе мицелия (например, внутри множества гифальных нитей) может придавать материалу улучшенную огнестойкость,

например, относительно низкую теплопроводность и/или улучшенную теплоту сгорания. Мас.% хитина в материале можно определить с использованием анализа на хитин. Анализ на хитин можно выполнить путем депротеинизации и/или деацетилирования материала на основе мицелия с последующей деполимеризацией материала на основе мицелия с получением глюкозамина и с использованием анализа глюкозамина для косвенного определения количества хитина в материале на основе мицелия. Специалисты в данной области техники, смогут выбрать подходящий анализ глюкозамина для определения количества хитина в материале на основе мицелия.

В некоторых воплощениях в материале на основе мицелия присутствует определенное количество воды. В некоторых воплощениях количество воды, присутствующей в материалах на основе мицелия, меньше или равно 20 мас.%, меньше или равно 15 мас.%, меньше или равно 12 мас.%, меньше или равно 10 мас.%, меньше или равно 7 мас.%, меньше или равно 5 мас.%, меньше или равно 3 мас.% или меньше или равно 1 мас.% относительно общей массы материала на основе мицелия. В некоторых воплощениях количество воды, присутствующей в материале на основе мицелия, больше или равно 1 мас.%, больше или равно 3 мас.%, больше или равно 5 мас.%, больше или равно 7 мас.%, больше или равно 10 мас.%, больше или равно 12 мас.%, больше или равно 15 мас.% или больше или равно 20 мас.% относительно общей массы материала на основе мицелия. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, больше или равно 1 мас.% и меньше или равно 20 мас.%). Возможны и другие диапазоны.

В некоторых воплощениях материал на основе мицелия может обладать определенной теплопроводностью. В некоторых воплощениях теплопроводность материала на основе мицелия меньше или равна 0,1 Вт/м·К, меньше или равна 0,09 Вт/м·К, меньше или равна 0,08 Вт/м·К, меньше или равна 0,07 Вт/м·К, меньше или равна 0,06 Вт/м·К, меньше или равна 0,05 Вт/м·К, меньше или равна 0,04 Вт/м·К, меньше или равна 0,03 Вт/м·К или меньше или равна 0,02 Вт/м·К. В некоторых воплощениях теплопроводность материала на основе мицелия больше или равна 0,02 Вт/м·К, больше или равна 0,03 Вт/м·К, больше или равна 0,04 Вт/м·К, больше или равна 0,05 Вт/м·К, больше или равна 0,06 Вт/м·К, больше или равна 0,07 Вт/м·К, больше или равна 0,08 Вт/м·К, больше или равна 0,09 Вт/м·К или больше или равна 0,1 Вт/м·К. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, больше или равна 0,02 Вт/м·К и меньше или равна 0,03 Вт/м·К). Возможны и другие диапазоны. Теплопроводность можно измерить с помощью стационарного метода с использованием стандартного теста ASTM C 177-63.

Материалы на основе мицелия, описанные в настоящем описании, могут обладать

определенной теплотой сгорания. В некоторых воплощениях теплота сгорания материала на основе мицелия меньше или равна 30 МДж/кг, меньше или равна 25 МДж/кг, меньше или равна 20 МДж/кг, меньше или равна 15 МДж/кг, меньше или равна 10 МДж/кг, меньше или равна 8 МДж/кг, меньше или равна 5 МДж/кг, меньше или равна 3 МДж/кг, меньше или равна 2 МДж/кг или меньше или равна 1 МДж/кг. В некоторых воплощениях теплота сгорания материала на основе мицелия больше или равна 1 МДж/кг, больше или равна 2 МДж/кг, 3 МДж/кг, больше или равна 5 МДж/кг, больше или равна 8 МДж/кг, больше или равна 10 МДж/кг, больше или равна 15 МДж/кг, больше или равна 20 МДж/кг, больше или равна 25 МДж/кг, больше или равна 30 МДж/кг. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, меньше или равна 30 МДж/кг и больше или равна 1 МДж/кг). Возможны и другие диапазоны. В некоторых воплощениях теплота сгорания материала на основе мицелия может быть достигнута при отсутствии или без применения химического покрытия или обработки. Теплоту сгорания материала можно определить с помощью стандартного теста, такого как стандартный тест EN ISO 1716:2018.

В некоторых воплощениях материал на основе мицелия имеет определенную пористость (например, среднюю пористость). В некоторых воплощениях материал на основе мицелия имеет пористость меньше или равную 70%, меньше или равную 60%, меньше или равную 50%, меньше или равную 40%, меньше или равную 35%, меньше или равную 30%, меньше или равную 25%, меньше или равную 20%, меньше или равную 15%, меньше или равную 10%, меньше или равную 5% или меньше или равную 1%. В некоторых воплощениях материал на основе мицелия имеет пористость, превышающую или равную 1%, превышающую или равную 5%, превышающую или равную 10%, превышающую или равную 15%, превышающую или равную 20%, превышающую или равную 25%, превышающую или равную 30%, превышающую или равную 35%, превышающую или равную 40%, превышающую или равную 50%, превышающую или равную 60%, превышающую или равную 70%. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, превышающую или равную 1% и меньше или равную 70%). Возможны и другие диапазоны. Пористость и распределение пор по размерам можно измерить с помощью ртутной порометрии, основанной на проникновении ртути, с использованием стандартного теста, такого как стандартный тест BS ISO 15901-01:2016.

Поры материала на основе мицелия могут быть любого подходящего размера (например, среднего диаметра пор в поперечном сечении). В некоторых воплощениях поры имеют средний диаметр поперечного сечения, превышающий или равный 1 нм, превышающий или равный 2 нм, превышающий или равный 5 нм, превышающий или

равный 10 нм, превышающий или равный 20 нм, превышающий или равный 30 нм, превышающий или равный 40 нм, превышающий или равный 50 нм, превышающий или равный 75 нм, превышающий или равный 100 нм, превышающий или равный 250 нм, превышающий или равный 500 нм, превышающий или равный 1 микрону, превышающий или равный 10 микронам, превышающий или равный 20 микронам, превышающий или равный 25 микрон, превышающий или равный 50 микрон, превышающий или равный 100 микрон, превышающий или равный 200 микрон, превышающий или равный 300 микрон, превышающий или равный 400 микрон или превышающий или равный 500 микрон. В некоторых воплощениях поры имеют средний диаметр поперечного сечения меньше или равный 500 микрон, меньше или равный 400 микрон, меньше или равный 300 микрон, меньше или равный 200 микрон, меньше или равный 100 микрон, меньше или равный 50 микрон, меньше или равный 25 микрон, меньше или равный 20 микрон, меньше или равный 10 микрон, меньше или равный 1 микрону, меньше или равный 500 нм, меньше или равный 250 нм, меньше или равный 100 нм, меньше или равный 75 нм, меньше или равный 50 нм, меньше или равный 40 нм, меньше или равный 30 нм, меньше или равный 20 нм, меньше или равный 10 нм, меньше или равный 5 нм или менее. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, превышающий или равный 1 нм и меньше или равный 100 нм). Возможны и другие диапазоны.

В некоторых воплощениях гифальные нити материала на основе мицелия могут быть слиты и/или сшиты. Без желания привязываться к какой-либо теории, отмечается, что по мере колонизации и роста мицелия в целевом субстрате, кончики его гиф могут удлиняться и заселять целевой субстрат, когда формируется материал на основе мицелия. В некоторых случаях кончики гифов могут сшиваться друг с другом, что может благоприятно улучшить свойства материала на основе мицелия (например, улучшать механическую прочность, улучшать огнестойкость). В некоторых случаях кончики гиф могут контактировать с другими кончиками гиф мицелия и могут сливаться друг с другом. Предпочтительно, слияние гифальных нитей может также улучшить свойства материала на основе мицелия.

В некоторых воплощениях гифальные нити (например, множество гифальных нитей) могут иметь определенную ориентацию внутри материала на основе мицелия. Например, в некоторых воплощениях гифальные нити могут иметь параллельное или антипараллельное расположение. Однако в некоторых воплощениях гифальные нити не имеют определенной ориентации и могут быть упорядочены случайным или беспорядочным образом, таким как в запутанной сети.

Материал на основе мицелия может быть любой подходящей толщины. В

некоторых воплощениях материал на основе мицелия имеет толщину, превышающую или равную 1 мм, превышающую или равную 2 мм, превышающую или равную 3 мм, превышающую или равную 4 мм, превышающую или равную 5 мм, превышающую или равную 6 мм, превышающую или равную 7 мм, превышающую или равную 8 мм, превышающую или равную 9 мм, превышающую или равную 10 мм, превышающую или равную 15 мм, превышающую или равную 20 мм, превышающую или равную 25 мм, превышающую или равную 30 мм, превышающую или равную 40 мм, превышающую или равную 50 мм, превышающую или равную 60 мм, превышающую или равную 70 мм, превышающую или равную 75 мм, превышающую или равную 80 мм, превышающую или равную 90 мм, превышающую или равную 100 мм, превышающую или равную 110 мм, превышающую или равную 120 мм, превышающую или равную 130 мм, превышающую или равную 140 мм или превышающую или равную 150 мм. В некоторых воплощениях материал на основе мицелия имеет толщину меньше или равную 150 мм, меньше или равную 140 мм, меньше или равную 130 мм, меньше или равную 120 мм, меньше или равную 110 мм, меньше или равную 1 см, меньше или равную 90 мм, меньше или равную 80 мм, меньше или равную 75 мм, меньше или равную 70 мм, меньше или равную 60 мм, меньше или равную 50 мм, меньше или равную 40 мм, меньше или равную 30 мм, меньше или равную 25 мм, меньше или равную 20 мм, меньше или равную 15 мм, меньше или равную 10 мм, меньше или равную 9 мм, меньше или равную 8 мм, меньше или равную 7 мм, меньше или равную 6 мм, меньше или равную 5 мм, меньше или равную 4 мм, меньше или равную 3 мм, меньше или равную 2 мм или меньше или равную 1 мм. Также возможны комбинации указанных выше диапазонов (например, превышающую или равную 1 мм и меньше или равную 30 мм). Возможны и другие диапазоны.

В некоторых воплощениях материал на основе мицелия не содержит каких-либо покрытий. Без желания привязываться к какой-либо конкретной теории, по меньшей мере, некоторые из полезных свойств материалов на основе мицелия по настоящему изобретению могут быть достигнуты без нанесения покрытия на материал. В некоторых таких воплощениях таким образом можно улучшить свойства материала, такие как улучшенный поток воздуха через материал (по сравнению с материалом на основе мицелия с нанесенным покрытием). Однако следует понимать, что в некоторых воплощениях покрытие присутствует, поскольку данное раскрытие таким образом не ограничивается.

В некоторых воплощениях материалы на основе мицелия, описанные в настоящем описании, могут быть сформованы в любую подходящую форму. В некоторых таких воплощениях материал на основе мицелия может представлять собой материал

произвольной формы, где материал не соответствует правильной форме или структуре. В некоторых воплощениях можно использовать электрическое поле или ток для придания мицелию формы (например, правильной формы, произвольной формы). Например, в некоторых воплощениях материал на основе мицелия можно сформировать или придать ему форму путем применения тока к растущему мицелию-материалу, который можно использовать для направления роста или ориентации мицелия материала. В некоторых воплощениях можно использовать контейнер или лоток для придания или содействия приданию определенной формы материалу на основе мицелия. Например, мицелий (например, маточный мицелий) можно культивировать или колонизировать в контейнере или лотке, так что материал на основе мицелия имеет форму контейнера или лотка. Специалисты в данной области с учетом положений настоящего изобретения будут способны придать материалу на основе мицелия форму для желаемого применения.

Способы и изделия, описанные в настоящем описании, могут быть использованы для любого количества подходящих применений. Один пример применения включает использование материалов на основе мицелия в качестве изоляционных материалов при строительстве, например, домов и сооружений. В некоторых воплощениях материалы на основе мицелия, описанные в настоящем описании, могут иметь относительно низкую теплопроводность, что может сделать такие материалы особенно применимыми в качестве изоляционных материалов. Поскольку материалы создаются живым мицелием, полученные в результате изоляционные материалы на биологической основе можно рассматривать как осознанную в связи с окружающей средой (экологически безопасную) альтернативу синтетическим материалам (например, пластмассам).

В некоторых воплощениях материалы на основе мицелия, описанные в настоящем описании, могут применяться в качестве огнезащитных или огнестойких материалов. В некоторых случаях материалы на основе мицелия имеют относительно низкую теплоту сгорания, что может улучшить огнезащитные свойства материала.

Следующие примеры предназначены для иллюстрации определенных воплощений настоящего изобретения, но не иллюстрируют весь объем изобретения.

#### Пример

В следующем далее примере описывается получения материалов на основе мицелия, начиная с культивирования мицелия и заканчивая дезактивацией живого мицелия в материалах на основе мицелия.

#### Культивирование

Эта стадия является отправной точкой культивирования мицелия. Делается пересадка в свежую чашку, выращивание на богатой агаровой среде и перенос либо в

зерно, либо в новую чашку. Можно использовать различные питательные материалы. Чашки используют для переноса или хранения культур.

#### Культуры в чашках

Перенос в чашки осуществляют асептически путем переноса образца ткани из исходной чашки в новую чашку с использованием или полый иглы или небольших кубиков агара, нарезанных с использованием скальпеля. Чашки инкубируют при температуре 21-30°C, и используют среду с регулируемой влажностью, когда достигают соответствующей скорости роста мицелия.

#### Жидкие культуры

Жидкие культуры также используют для культивирования мицелия. Мицелий можно выращивать в жидкой среде из или чашки для переноса, или cryostock, или из другой жидкой культуры, затем перенесенной или в более сложный субстрат или в новую среду. Можно использовать различные питательные материалы. Жидкая культура может обеспечить более равномерное распределение мицелия по всему субстрату и может быть дополнительно гомогенизирована путем смешивания или перемешивания для еще большего рассеивания при выливании на субстрат.

Для получения жидкой культуры флакон с жидкой средой стерилизуют. Сразу после стерилизации флакон инокулируют мицелием выбранного штамма для того, чтобы колонизировать субстрат. При использовании для инокуляции субстрата отмеряют некое количество среды и мицелия и выливают на субстрат перед смешиванием с субстратом.

#### Зерновой мицелий

Мицелий из чашки или жидкой культуры переносят на зерно (в контейнере для зерна). В некоторых случаях ранее полученное зерно дополнительно раскладывают в контейнере для зерна большего размера. Можно использовать различные зерна или смеси, такие как смеси, описанные в других местах настоящего описания, без ограничений. Зерно гидратируют, стерилизуют и инокулируют колонизированным зерновым мицелием или культурой из чашки или жидкости. Образцы инкубируют в регулируемой среде при температуре от 21 до 30°C.

#### Чашка или жидкость для переноса зерна

В стерильных условиях мицелий из чашек или жидких культур переносят в подготовленное зерно, тщательно перемешивают, хранят в термостатной комнате при соответствующей температуре от 21 до 30°C и наблюдают за развитием.

Распространение от зерна к зерну с использованием части колонизированного зерна для инокуляции свежего стерилизованного зерна

В стерильной среде некоторое количество колонизированного зернового мицелия



переносят в новое зерно (например, 2-40 мас.% свежего зерна), взвешивают и переносят в новый контейнер с зерном и повторяют до тех пор, пока все контейнеры не будут колонизированы.

Предварительная обработка субстрата: обработка/стерилизация + процесс инокуляции

В указанном процессе субстрат (например, потоки сельскохозяйственных отходов) обрабатывают таким образом, чтобы стерилизовать субстрат, и затем инокулируют для подготовки к росту мицелия.

В некоторых случаях применяют метод паровой пастеризации. Субстрат обрабатывают паром, и цикл нагрева считают завершенным после того, как внутренняя температура субстрата достигает или превышает 65-95°C в течение 5-30 минут в зависимости от конкретного применения и рассматриваемого субстрата. Затем субстрат охлаждают перед инокуляцией мицелием зернового мицелия.

В некоторых случаях также используют пероксиды для стерилизации субстрата вместо паровой пастеризации или в сочетании с ней. Желаемое количество сухого субстрата, подлежащего обработке, подвергают химической стерилизации разбавленным раствором пероксида.

Выращивание материалов на основе мицелия

Пастеризованные и инокулированные субстраты формуют в желаемую форму или лепят из них желаемые формы

Пастеризованный и инокулированный субстрат помещают в термостатную комнату и выращивают до тех пор, пока субстрат не колонизируется. Для регулирования влажности окружающей среды в термостатной комнате можно использовать систему HVAC с влажностью 60-95%. Температуру в каждой термостатной зоне поддерживают на уровне, соответствующем используемому штамму.

Электрический ток, применяемый к мицелию

В некоторых случаях используют электричество для увеличения роста мицелия и/или для изменения направления роста или ориентации мицелия. Как только пастеризованный и инокулированный субстрат готов к инкубации, к мицелию можно применить напряжение до 6 кВ в течение заданных периодов времени с различными интервалами и контролировать рост. Временная шкала обратно пропорциональна напряжению. Например, при применении напряжения около 6 кВ с интервалом каждые три-пять дней используют период в несколько минут.

Схематическая иллюстрация показана на фиг. 2. Установку можно легко перенастроить в соответствии с различными размерами и формами.

### Дезактивация мицелия

Живой мицелий в материале на основе мицелия дезактивируют. Для дезактивации мицелия после завершения выращивания образцов используют один или два способа: (1) обезвоживание с использованием низкой температуры в течение длительного периода времени и (2) обезвоживание с использованием более высоких температур в течение более короткого промежутка времени. Размер материала на основе мицелия определяет количество времени, необходимое для его полного высыхания. Показания температуры внутренней части материала на основе мицелия можно получить с помощью температурного зонда, и нагревание прекращают, как только температура достигает желаемого значения.

Хотя в настоящем описании описано и проиллюстрировано несколько воплощений настоящего изобретения, специалисты в данной области техники легко представят множество других средств и/или конструкций для выполнения функций и/или получения результатов и/или одного или более из преимуществ, описанных в настоящем описании, и каждая из таких вариаций и/или модификаций считается входящей в объем настоящего раскрытия. В более общем плане, специалисты в данной области техники легко поймут, что все параметры, размеры, материалы и конфигурации, описанные в настоящем описании, предназначены для примера, и что фактические параметры, размеры, материалы и/или конфигурации будут зависеть от конкретного применения или областей применения, для которого/ых используются положения настоящего раскрытия. Специалисты в данной области техники распознают или смогут установить, с использованием обычных экспериментов и не более, множество эквивалентов конкретных воплощений изобретения, описанных в настоящем описании. Следовательно, следует понимать, что вышеупомянутые воплощения представлены только в качестве примера и что в объеме прилагаемых пунктов формулы изобретения и эквивалентов к ним изобретение может быть реализовано иначе, чем конкретно описано и заявлено. Настоящее раскрытие относится к каждому отдельному признаку, системе, изделию, материалу и/или способу, описанным в настоящем описании. Кроме того, любая комбинация двух или более таких признаков, систем, изделий, материалов и/или способов, если такие признаки, системы, изделия, материалы и/или способы не являются взаимно несовместимыми, включена в объем настоящего раскрытия.

Неопределенные артикли «а» и «an», используемые в настоящем описании и формуле изобретения, если четко не указано обратное, следует понимать как означающие «по меньшей мере один».

Словосочетание «и/или», используемое в настоящем описании и в формуле

изобретения, следует понимать как означающее «любой или оба» из элементов, соединенных таким образом, т.е. элементы, которые присутствуют совместно в одних случаях, и присутствуют врозь в других случаях. Необязательно могут присутствовать другие элементы, отличные от элементов, конкретно идентифицированных оговоркой «и/или», связаны ли они или не связаны с такими конкретно указанными элементами, если ясно не указано обратное. Таким образом, как неограничивающий пример, ссылка на «А и/или В» при использовании в сочетании с неограничивающей формулировкой, такой как «включающий», может относиться, в одном воплощении, к А без В (необязательно включая элементы, отличные от В); в другом воплощении, к В без А (необязательно включая элементы, отличные от А); в еще в одном воплощении как к А, так и к В (необязательно включая другие элементы); и т.д.

При использовании в настоящем описании и формуле изобретения, «или» следует понимать как имеющее то же значение, что и «и/или», как определено выше. Например, при разделении элементов в списке «или» или «и/или» следует интерпретировать как включающее, т.е. включение по меньшей мере одного, но также включающее более одного из ряда или списка элементов и, необязательно, дополнительных элементов, не включенных в список. Только термины, четко указывающие на обратное, такие как «только один из» или «точно один из», или, при использовании в формуле изобретения, «состоящий из», будут относиться к включению точно одного элемента из ряда или списка элементов. В общем, термин «или», используемый в настоящем описании, следует интерпретировать как указывающий на исключительные альтернативы (т.е. «одну или другую, но не обе») только в том случае, если ему предшествуют термины исключительности, такие как «либо», «один из», «только один из» или «точно один из». «Состоящий по существу из», когда используется в формуле изобретения, будет иметь свое обычное значение, используемое в области патентного права.

При использовании в настоящем описании и в формуле изобретения, словосочетание «по меньшей мере один», относящееся к списку из одного или более элементов, следует понимать как означающее по меньшей мере один элемент, выбранный из любого одного или более элементов в списке элементов, но не обязательно включающий по меньшей мере один из всех без исключения элементов, конкретно перечисленных в списке элементов и не исключающих никаких комбинаций элементов в списке элементов. Такое определение также допускает, что необязательно могут присутствовать элементы иные, чем элементы, конкретно указанные в списке элементов, к которым относится словосочетание «по меньшей мере один», связаны ли они или не связаны с такими конкретно указанными элементами. Таким образом, как

неограничивающий пример, «по меньшей мере один из А и В» (или, эквивалентно, «по меньшей мере один из А или В», или, эквивалентно, «по меньшей мере один из А и/или В») может относиться, в одном воплощении, по меньшей мере к одному, необязательно включая более одного, А, без присутствия В (и необязательно включая элементы иные, чем В); в другом воплощении, по меньшей мере, к одному, необязательно включая более одного, В, при отсутствии А (и необязательно включающему элементы иные, чем А); в еще одном воплощении, по меньшей мере, к одному, необязательно включая более одного, А, и по меньшей мере к одному, необязательно включая более одного, В (и необязательно включающий другие элементы); и т.д.

Некоторые воплощения можно воплотить в виде способа, различные примеры которого описаны. Действия, выполняемые как часть методов, могут быть упорядочены любым подходящим способом. Соответственно, могут быть сконструированы воплощения, в которых действия выполняются в порядке, отличном от проиллюстрированного, которые могут включать другие (например, в большей или меньшей степени) действия, чем те, которые описаны, и/или которые могут включать выполнение некоторых действий одновременно, даже если в воплощениях, конкретно описанных выше, действия показаны как выполняемые последовательно.

Использование порядковых терминов, таких как «первый», «второй», «третий» и т.д., в формуле изобретения для модификации элемента формулы изобретения само по себе не означает какого-либо приоритета, предпочтения или очередности одного элемента формулы изобретения по сравнению с другим, или временного порядка, в котором выполняются действия способа, но используются просто как метки, чтобы отличить один признак формулы изобретения, имеющий определенное имя, от другого признака, имеющего то же имя (но для использования порядкового номера), чтобы отличить признаки формулы изобретения.

В формуле изобретения, а также в приведенном выше описании все объясняющие выражения, такие как «включающий», «включающий в себя», «несущий», «имеющий», «содержащий», «вовлекающий», «удерживающий» и т.п., следует понимать как открытые, т.е. означает включающий, но не ограничивающийся этим. Только объясняющие выражения «состоящие из» и «состоящие по существу из» должны быть закрытыми или полужакрытыми объясняющими выражениями, соответственно, как указано в United States Patent Office Manual of Patent Examining Procedures, Section 2111.03.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

## 1. Способ, включающий

культивирование мицелия для получения первого зернового мицелия;  
культивирование первого зернового мицелия для получения маточного мицелия;  
колонизацию целевого субстрата маточным мицелием, включающую  
получение первой смеси диоксида углерода и воды,  
подачу первой смеси в контейнер, включающий фотосинтезирующие виды,  
подачу кислорода к маточному мицелию и получение второй смеси диоксида углерода и воды, и подачу второй смеси в контейнер, включающий фотосинтезирующие виды; и

деактивацию мицелия.

## 2. Способ, включающий

культивирование мицелия для получения первого зернового мицелия;  
культивирование первого зернового мицелия для получения маточного мицелия;  
колонизацию целевого субстрата маточным мицелием и  
деактивацию маточного мицелия и/или любого мицелия,  
причем любая из стадий культивирования включает кормление мицелия питательным материалом, который обработан смесью кислоты и пероксида.

## 3. Способ, включающий

культивирование мицелия для получения первого зернового мицелия;  
культивирование первого зернового мицелия для получения маточного мицелия;  
колонизацию целевого субстрата маточным мицелием, включающую применение электрического поля к по меньшей мере части маточного мицелия и/или целевого субстрата; и

деактивацию маточного мицелия и/или любого мицелия.

## 4. Материал на основе мицелия, включающий

множество гифальных нитей, причем мас.% хитина внутри гифальных нитей превышает или равен 5 мас.%, и

целевой субстрат, смешанный с множеством гифальных нитей,

причем теплопроводность материала на основе мицелия меньше или равна 0,03 Вт/м.К,

причем теплота сгорания материала на основе мицелия меньше или равна 30 МДж/кг, и

причем пористость материала на основе мицелия больше или равна 1%.

## 5. Материал на основе мицелия, включающий

множество гифальных нитей, причем мас.% хитина внутри гифальных нитей превышает или равен 5 мас.%; и

целевой субстрат, смешанный с множеством гифальных нитей,

причем теплопроводность материала на основе мицелия меньше или равна 0,1 Вт/м·К,

причем теплота сгорания материала на основе мицелия меньше или равна 17 МДж/кг, и

причем пористость материала на основе мицелия больше или равна 1%.

6. Материал на основе мицелия, включающий

множество гифальных нитей; и

целевой субстрат, смешанный с множеством гифальных нитей, причем мас.% целевого субстрата в материале на основе мицелия превышает или равен 1 мас.%,

причем теплопроводность материала на основе мицелия меньше или равна 0,1 Вт/м·К,

причем теплота сгорания материала на основе мицелия меньше или равна 30 МДж/кг, и

причем пористость материала на основе мицелия больше или равна 1%.

7. Материал на основе мицелия, включающий

множество гифальных нитей, расположенных с образованием неупорядоченной сетки; и

целевой субстрат, смешанный с множеством гифальных нитей,

причем теплопроводность материала на основе мицелия меньше или равна 0,1 Вт/м·К,

причем теплота сгорания материала на основе мицелия меньше или равна 30 МДж/кг, и

причем пористость материала на основе мицелия больше или равна 1%.

8. Материал на основе мицелия или способ по любому из предшествующих пп., причем мас.% хитина внутри гифальных нитей превышает или равен 5 мас.% и/или меньше или равен 95 мас.% от массы материала на основе мицелия.

9. Материал на основе мицелия или способ по любому из предшествующих пп., причем целевой субстрат превышает или составляет 5 мас.% от массы материала на основе мицелия.

10. Материал на основе мицелия или способ по любому из предшествующих пп., причем гифальные нити по меньшей мере частично являются сшитыми или слитыми.

11. Материал на основе мицелия или способ по любому из предшествующих пп.,

причем пористость материала на основе мицелия больше или равна 1% и/или меньше или равна 70%.

12. Материал на основе мицелия или способ по любому из предшествующих пп., причем толщина материала на основе мицелия больше или равна 1 мм и/или меньше или равна 150 мм.

13. Материал на основе мицелия или способ по любому из предшествующих пп., причем количество воды, присутствующей в материале на основе мицелия, составляет меньше или равно 20 мас. %.

14. Материал на основе мицелия или способ по любому из предшествующих пп., причем на материале на основе мицелия отсутствует какое-либо покрытие.

15. Материал на основе мицелия или способ по любому из предшествующих пп., причем модуль Юнга субстрата больше или равен 1 ГПа и/или меньше или равен 130 ГПа.

16. Материал на основе мицелия или способ по любому из предшествующих пп., причем питательный материал включает целевой субстрат.

17. Способ по любому из предшествующих пп., причем культивирование включает выращивание первого зернового мицелия, второго зернового мицелия и/или третьего зернового мицелия.

18. Способ по любому из предшествующих пп., причем культивирование включает получение маточного мицелия.

19. Способ по любому из предшествующих пп., причем смесь кислоты и пероксида включает лимонную кислоту и/или пероксид водорода.

20. Способ по любому из предшествующих пп., причем культивирование включает предоставление усилителей продуцирования ферментов.

21. Способ по любому из предшествующих пп., причем колонизация включает смешивание мицелия с целевым субстратом.

22. Способ по любому из предшествующих пп., дополнительно включающий придание формы мицелию и/или субстрату.

23. Способ по любому из предшествующих пп., причем

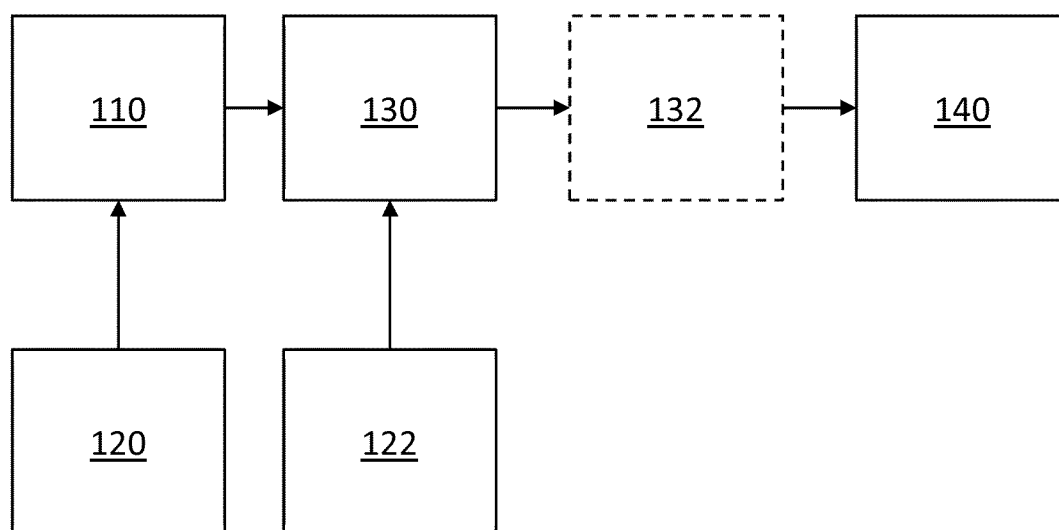
(а) дезактивация включает дегидратацию и/или нагревание мицелия, и/или

(b) дезактивация включает применение радиочастоты к мицелию, и/или

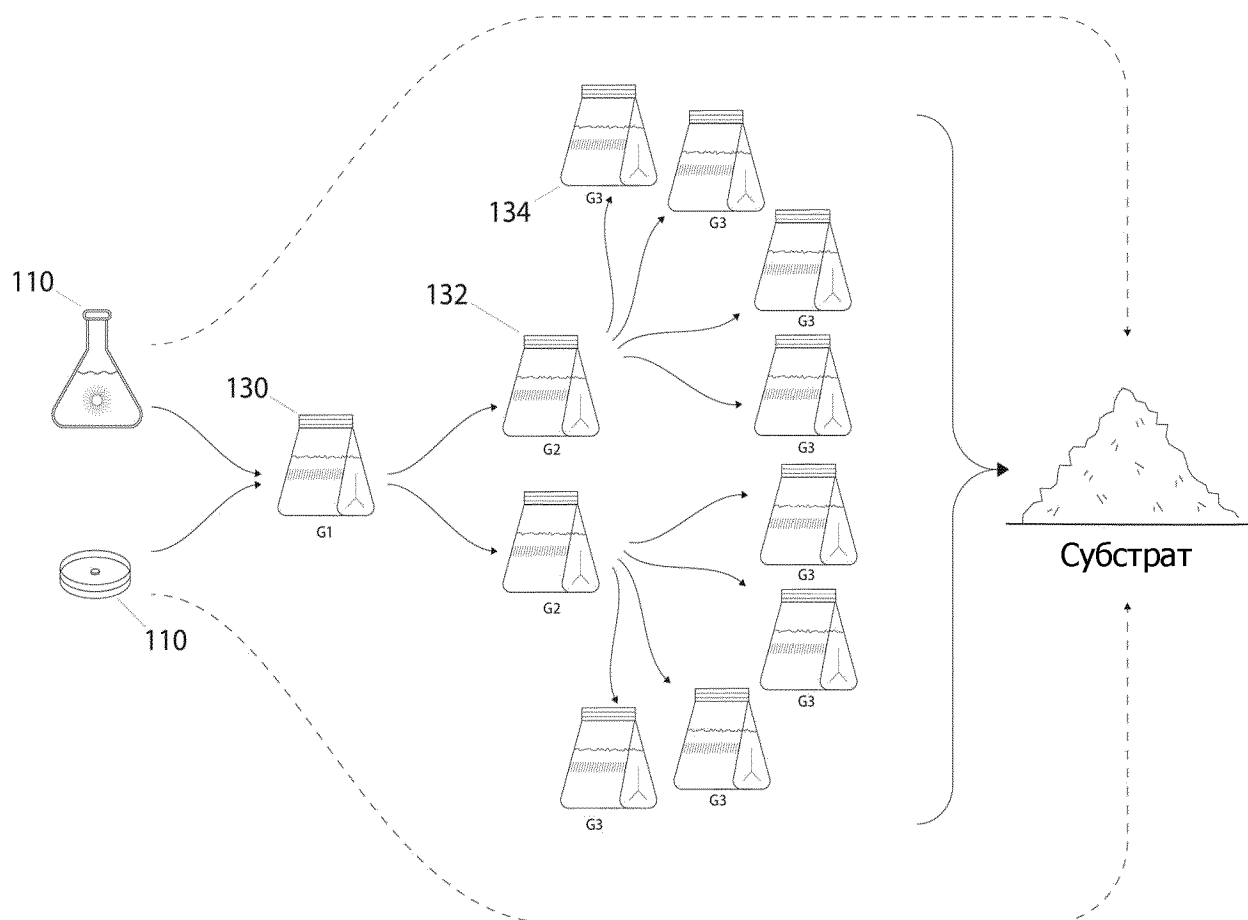
(с) дезактивация включает лиофилизацию мицелия, и/или

(d) дезактивация включает первую стадию дезактивации, и, необязательно, вторую стадию дезактивации.

24. Способ по любому из предшествующих пп., причем колонизация целевого субстрата включает жидкую культуру маточного мицелия.

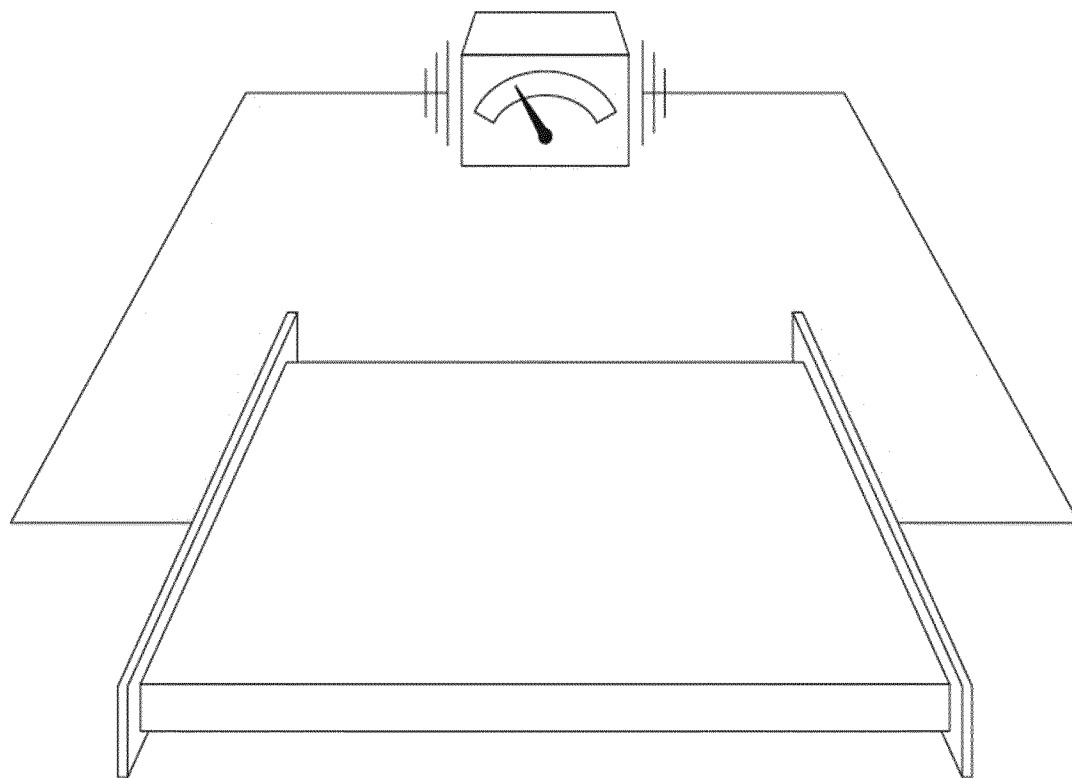


Фиг. 1А



Фиг. 1В





Фиг. 2