

оперативно оценивать и оптимизировать эффективность роста и производительность ферментатора с использованием современной вычислительной техники.

3.4. БИОТЕХНОЛОГИЯ ГЛУБИННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ГРИБНОГО МИЦЕЛИЯ КАК ИСТОЧНИКА ПОЛНОЦЕННОГО БЕЛКА

Во многих странах традиционным является организация грибоводческих хозяйств для получения плодовых тел грибов, содержащих не менее 30 % белка. Для этого обычно используется поверхностное культивирование на растительных субстратах, составляемых из отходов сельскохозяйственных и деревообрабатывающих производств (опилки, кора, солома, мякина, мезга, несортовое зерно и корнеплоды, и т. д.). Однако получение плодовых тел является энерго- и трудоемким процессом, кроме того, носит сезонный характер и довольно продолжительно по времени – от инокуляции субстрата мицелием до получения урожая зачастую проходит более месяца.

Современная биотехнология предлагает альтернативу традиционному грибоводству – выращивание мицелия высших грибов погружным способом в биореакторах. Глубинный мицелий, выращиваемый в оптимизированных условиях, не уступает, а зачастую превосходит плодовые тела по содержанию белка и биологически активных веществ. Такой продукт содержит до 50 % протеина; 2,5–5,0 % жира; 0,6–2 % нуклеиновых кислот, витамины группы В. Белки глубинного мицелия базидиальных грибов, как правило, характеризуются относительно сбалансированным аминокислотным составом, высоким содержанием незаменимых аминокислот и могут употребляться в пищу в любых количествах, вплоть до полного замещения животного белка. Кроме того, к неоспоримым преимуществам данного метода следует отнести существенное сокращение производственного цикла, возможность получения биомассы с контролируемым химическим составом, стерильность получаемого продукта.

Первым шагом в исследованиях по культивированию базидиомицетов были работы американского ученого Г. Хумфельда в 1960-х гг. Им впервые был разработан способ выращивания в глубинной культуре шампиньонов. Работы Хумфельда явились толчком для дальнейших исследований по культивированию съедобных макромицетов в глубинной культуре.

Наибольшей интенсивностью роста среди всех базидиомицетов характеризуются дереворазрушающие (ксилотрофные) грибы.

Многочисленные эксперименты показали, что почти все виды дереворазрушающих базидиальных грибов, как съедобных, так и не имеющих пищевого значения, могут развиваться в условиях глубинного культивирования. При этом отмечается, что подавляющая часть активных культур относится к возбудителям светлой гнили древесины.

Для обеспечения рентабельности производства продуцент должен удовлетворять следующим условиям: содержать не менее 20 % белка с высокой питательной ценностью; обладать относительно высокой удельной скоростью роста, обладать способностью к накоплению биомассы до концентраций 10–50 г/л АСВ. Рост мицелия должен происходить на простых и дешевых средах.

На кафедре химической технологии древесины и биотехнологии Сибирского государственного технологического университета (СибГТУ) из плодовых тел базидиальных грибов были выделены чистые культуры, которые используются в качестве биотехнологических объектов для глубинного культивирования мицелия в биореакторе. Высоким содержанием белка в глубинном мицелии (не менее 40 %) характеризуются полученные штаммы ксилотрофных базидиомицетов *Pleurotus djamor* (вешенка розовая), *Pleurotus ostreatus* (вешенка обыкновенная), *Lentinus edodes* (шиитаке), *Laetiporus sulphureus* (серно-желтый трутовик, СЖТ).

Для культивируемых штаммов определены культурально-морфологические характеристики, позволяющие осуществлять текущий контроль чистоты культуры на вегетативной стадии роста в процессе культивирования (внешний вид, цвет и запах биомассы, строение и толщина гиф, образование бластоконидий и спорового материала в культуре). Постоянный контроль чистоты культуры в процессе выращивания биомассы крайне важен, поскольку инфицирование культуры мицелием несъедобных или токсичных видов грибов может быть опасным при использовании биомассы в пищевых и кормовых целях.

Грибы относятся к гетеротрофным организмам, использующим в питании готовые вещества растительного происхождения. Главную роль в питании базидиальных грибов играют углеродсодержащие соединения. В отличие от бактерий и дрожжей грибной мицелий способен конвертировать в белковую биомассу крахмал, пектин, гемицеллюзы, целлюлозу и даже лигнин. Крахмал является одним из лучших источников углеводного питания за счет наличия в нем примесей ростовых стимулирующих веществ. Для глубинного культиви-

рования мицелия базидиальных грибов на кафедре химической технологии древесины и биотехнологии СибГАУ использовали модифицированную крахмалсодержащую среду.

Азотистые соединения также являются одним из важнейших источников питания базидиальных грибов и основой синтезирующихся белков. Грибы не могут связывать атмосферный азот, они усваивают его только в форме неорганических солей или же органических соединений азота. Одним из наиболее технологичных источников азота являются аммонийные соли, которые легко ассимилируются мицелием.

Кроме источников азота и углерода для роста мицелия грибов необходимы минеральные компоненты, важнейшими среди которых являются фосфор, сера, калий, магний, также в основном усваивающиеся в виде солей. При недостаточном содержании в питательной среде фосфора нарушается усвоение азота и замедляется синтез аминокислот и витаминов; сера является составной частью белков в виде серосодержащих аминокислот цистеина и метионина.

Учитывая вышеперечисленные особенности метаболизма мицелия, в качестве дешевых технологичных сред могут применяться промышленные отходы переработки корнеплодов, кукурузы, зерновых и масличных культур; гидролизаты древесных и растительных отходов, сульфитные щелока, молочная сыворотка.

Экспериментально были определены количественные параметры роста, производственные и массообменные характеристики, необходимые для технологических расчетов и проектирования опытного производства выращивания биомассы мицелия в глубинных условиях с целью получения белковых пищевых добавок при периодическом культивировании отъемно-доливным способом и непрерывном культивировании. Схема получения биомассы грибного мицелия приведена на рис. 3.5. В этом производственном процессе можно выделить следующие этапы.

Предферментационный этап. Осуществляется подготовка и стерилизация питательной среды. Для приготовления среды используется крахмал, который предварительно подвергается клейстеризации при 60 °С и обработке в течение 20 мин ферментом – термостабильной α-амилазой (термоамил 120 L) – для частичного гидролиза и снижения вязкости.

Растворы питательных солей готовятся и стерилизуются отдельно. Стерилизация проводится в автоклаве при избыточном давлении 0,05 МПа в течение 40 мин.

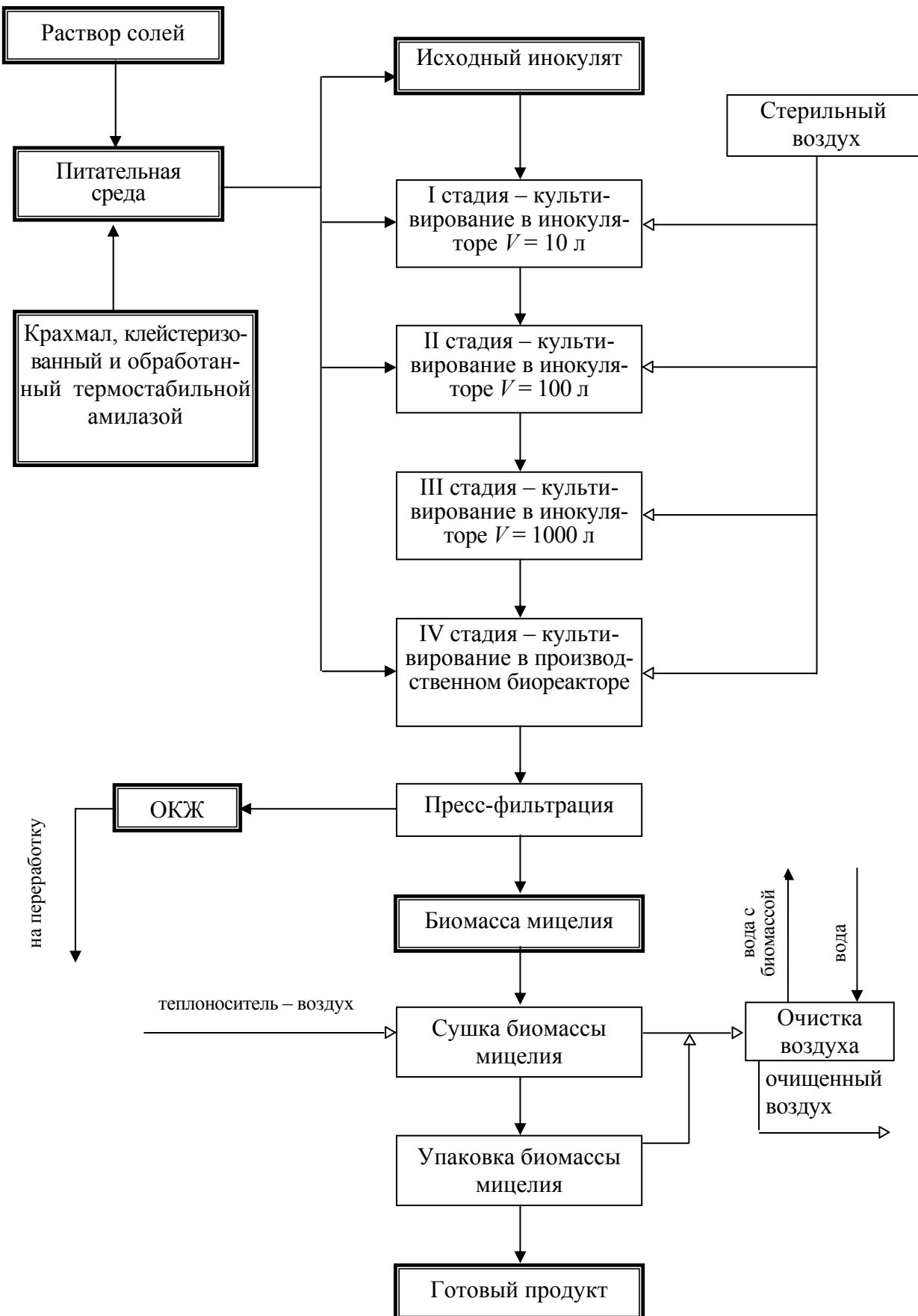


Рис. 3.5. Схема получения биомассы грибного мицелия