

Список использованной литературы

1. Zhygunov D., Mardar M., Kovalyova V. Use of enzyme preparations for improvement of the flour baking properties // Food Sci. Appl. Biotechnol., 2018. V. 1, N 1. P. 26-32.
2. Шлейкин А.Г., Скворцова Н.Н., Бландов Н.Н. Прикладная энзимология. – СПб: Университет ИТМО, 2019. 160 с.
3. Nunes C.S., Kunamneni A. Chapter 7 – laccases – properties and applications // Enzymes in Human and Animal Nutrition. – Cambridge: Academic Press, 2018. P. 33-161.
4. Савинова О.С. Получение рекомбинантных минорных изоферментов лакказ базидиомицета *Trametes hirsuta* 072 в *penicillium canescens* и их сравнительная характеристика: дис. канд. биол. наук. – Москва, 2019. 156 с.
5. Backes E., Kato C.G., Correa R.C.G., Moreira R.F.P.M., Peralta R.A., Barros L., Ferreira I.C.F.R., Zanin G.M., Bracht A., Peralta R.M. Laccases in food processing: current status, bottlenecks and perspectives // Trends Food Sci. Technol., 2021. V. 115. P. 445-460.
6. Khalighi S., Berger R.G., Ersoy F. Cross-linking of wheat bran arabinoxylan by fungal Laccases yields firm Gels // Processes, 2020. V. 36, N 8. P. 1-15.
7. ГОСТ 27839-2013. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины (с поправками). Введ. 2014-07-01. – М.: Стандартинформ, 2013. 20 с.

Сипайло В.В., Рымовская М. В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

Молочная сыворотка является побочным продуктом при производстве сыров, творога, пищевого и технического казеина. Переработка сыворотки имеет важное значение как с экономической точки зрения, так и с экологической. В молочной сыворотке остаётся около 40% сухих веществ молока, а 1 т молочной сыворотки, слитая в канализацию, загрязняет водоемы так же, как 100 м³ хозяйственно-бытовых стоков. Процессы извлечения белков сыворотки (казеина в виде суспензии казеиновой пыли и сывороточные белки в виде их концентрата) и жировой фракции хорошо отработаны на любом крупном предприятии, а оставшаяся жидкая фракция представляет собой раствор лактозы, солевых и некоторых низкомолекулярных органических веществ. Это остаток может быть использован для получения лактозы, однако также может стать перспективным сырьем для получения молочной кислоты, образуемой при сбраживании лактозы сыворотки молочнокислыми бактериями, возбуждающими гомоферментативное брожение. Эту кислоту используют в пищевой промышленности, в сельском хозяйстве, косметологии как консервант и подкислитель, применение находят также лактат кальция как легкоусваиваемый источник кальция.

Цель работы – подобрать продуцент для промышленного получения молочной кислоты из числа доступных штаммов молочнокислых микроорганизмов и определить скорость сбраживания ими лактозы в условиях ферментации для использования в технологических расчётах.

Предварительный отбор культуры молочнокислых бактерий производился на основании установления способности к росту на питательных средах на основе молочной сыворотки и отсутствию газообразования при посеве уколом в столбик полужидкой агаризованной среды (то есть – способности к утилизации лактозы по гомоферментативному пути) и скорости накопления кислоты и предельной кислотности, при которой останавливается брожение.

Наибольший прирост кислотности за первые 3 часа наблюдали у бакте-

рий *Enterococcus faecalis* M42.5.2 (до 36°Т), однако через 3 сут его показатель предельной кислотности был относительно небольшим (98°Т). Культура бактерий, выделенных из козьего молока, уже к 36 часам практически вышла к своей предельной кислотности (110-120°Т), тем самым показав наибольшую скорость кислотообразования, а также один из наивысших показателей кислотности. Данный продуцент был выбран как основной для исследования процесса. В качестве дополнительной культуры были выбраны бактерии *Enterococcus faecalis* M42.1.3, которые обладают протеолитической активностью (установлено по степени синерезиса сгустка) и к 72 часам достиг того же уровня кислотности, что и продуцент, выделенный из козьего молока.

Для моделирования процесса ферментации была выбрана питательная среда для молочнокислых бактерий из [1, стр. 80] следующего состава: лактоза – 8-10%, дрожжевой экстракт – 10 г/дм³, K₂HPO₄ – 2,5 г/дм³, MgSO₄ – 2 г/дм³, MnSO₄ – 0,02 г/дм³, CaCO₃ – 60% по массе от вносимого источника углерода.

Процесс ферментации осуществляли в биореакторах объемом 0,5 дм³, количество вносимой питательной среды – 200 см³, количество инокулята – 40 см³. Биореакторы с культурой бактерий, выделенных из козьего молока, поставили в шейкер при температуре 30°С, с *Enterococcus faecalis* M42.1.3 – в шейкер при температуре 42°С, условия перемешивания в обоих случаях 120 об./мин.

Для количественного определения молочной кислоты в жидкости из биореактора отбирали аликвоту культуральной среды, центрифугировали для отделения биомассы и других взвешенных веществ 5000 мин⁻¹ в течении 10 мин, затем вытесняли молочную кислоту из лактата кальция избытком серной кислоты в аликвоте фугата культуральной жидкости на кипящей водяной бане при температуре 100°С, поскольку в этих условиях образуется безводный CaSO₄. Кристаллы гипса отделяли фильтрованием через предварительно высушенные и взвешенные фильтры. По массе осадка путем пересчета по уравнению нейтрализации рассчитывали массу молочной кислоты. Результаты эксперимента представлены на рисунке.

Средняя скорость образования молочной кислоты за первые 2 суток бактериальной культурой, выделенной из козьего молока, составила 4,9 г/(дм³·сут), а *Enterococcus faecalis* M42.1.3 – 2,2 г/(дм³·сут). Максимальная скорость образования молочной кислоты достигается между 1 и 2 сутками, после лаг-фазы, и составляет для бактериальной культуры, выделенной из козьего молока, 8,0 г/(дм³·сут). В промышленном процессе средняя скорость образования молочной кислоты достигает 4,8–9,6 г/(дм³·сут) [2].

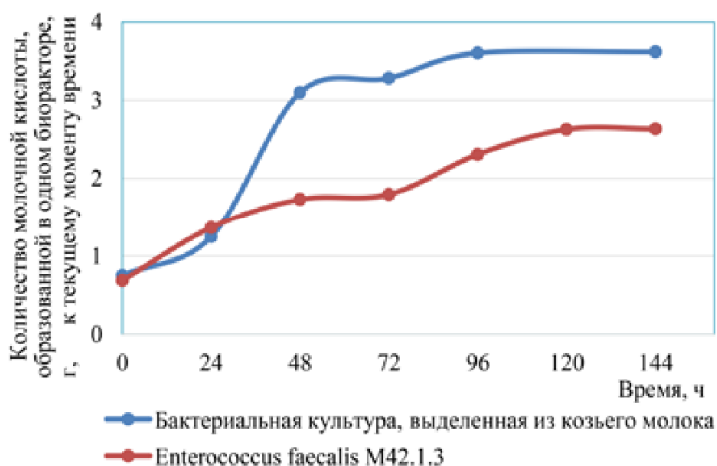


Рис. – Динамика накопления молочной кислоты в биореакторах, засеянных культурами перспективных продуцентов молочной кислоты

Проведение дополнительных исследований по оптимизации условий культивирования (в первую очередь – температуры и состава питательной среды) может привести к достижению больших значений скорости. Перспективным будет использование проточного способа культивирования с мембранным элементом для отвода пермеата культуральной жидкости, содержащего низкомолекулярные вещества, в том числе – молочную кислоту, и не содержащего клетки продуцента. Это позволит поддерживать постоянство состава среды, обеспечивающее наибольшую продуктивность культуры.

Список использованной литературы

1. Дерунец, А. С. Биологические основы совершенствования культивирования молочнокислых бактерий для разработки высокоэффективной технологии получения молочной кислоты: дисс. ... канд. биол. наук по спец. 03.01.06 – Биотехнология / А. С. Дерунец. – Москва, 2020. – 185 л.
2. Лермонтов, С. А. Промышленные способы биотехнологического получения и выделения молочной кислоты / С. А. Лермонтов, А. В. Канарский, Л. А. Мингазова // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – № 4. – С. 123–126.

Степанова Е.Г., Кошечкина С.Е.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАГИРОВАНИЯ САХАРА ИЗ СВЕКЛЫ

В основе процесса экстрагирования целевых компонентов из твердой фазы лежит диффузионный механизм. Массоперенос извлекаемого вещества производится внутри объема пор твердых частиц, заполненных растворенным целевым компонентом к поверхности раздела твердой и жидкой фаз, молекулярной диффузией через пограничный слой и конвективной диффузией в омывающую частицы жидкость. Лимитирующей стадией указанного процесса является внутренняя диффузия, которая описывается законом Фика [1]:

$$\Delta M = -D \frac{dc}{dx} \cdot S \cdot \Delta t \quad (1)$$

где ΔM – масса;

$\frac{dc}{dx}$ – градиент концентрации;

S – площадь границы твердой и жидкой фаз;

Δt – температурный напор.

Для увеличения коэффициента внутренней диффузии (D) необходимо повысить температуру процесса или уменьшить размер свекловичной стружки. Каждый из перечисленных способов имеет технологические ограничения. Так, увеличение температуры свыше 70°C приводит к ухудшению качества диффузионного сока, а повышение длины 100 г стружки более 10 м вызывает получение мезги с образованием «пробок», что также приводит к неучтенным потерям сахара. Попытки совершенствования процесса традиционными методами существенно не отражаются на их эффективности. Интенсифицировать внутренний массоперенос возможно за счет применения электротехнологий [2]. Экспериментальные исследования процесса экстрагирования сахара показали, что с помощью методов