

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ НОВОГО БЕЗАЛКОГОЛЬНОГО НАПИТКА БРОЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РИСОВОГО ГРИБА

Цед Е.А., Поляченко О.Г.

Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Беларусь

В работе [1] показаны научные положения биотехнологии нового безалкогольного напитка брожения с использованием рисового гриба *Oryzamycesindici* РГЦ. Были исследованы основные параметры, отражающие направленность биохимических процессов ферментации и активность метаболических функций рисового гриба: содержание сухих и редуцирующих веществ, активность клеточной β -фруктофуранозидазы, интенсивность кислото- и спиртообразования. В настоящем сообщении приведены некоторые результаты кинетической обработки этих данных, цель которой – получение математической зависимости концентраций всех участников реакций от времени при условии наилучшего совпадения теоретических результатов с экспериментальными данными.

Полученные нами результаты представлены на рис. 1. Здесь точки – экспериментальные данные, линии – результаты их кинетической обработки.

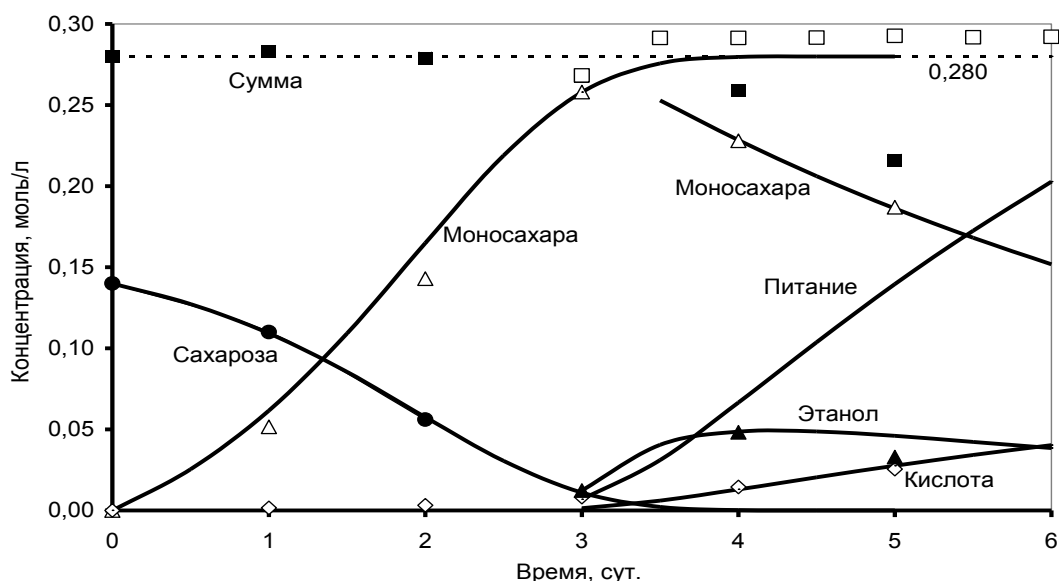
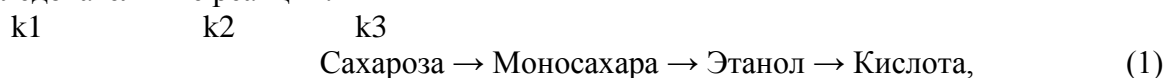


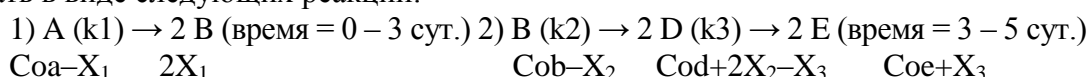
Рисунок 1 – Зависимость концентрации участников процессов брожения сахарозы с использованием рисового гриба от времени

Рассматриваемые процессы являются очень сложными и сопровождаются образованием большого количества различных химических соединений по разнообразным реакциям. Поэтому для их кинетического анализа необходимо было выбрать простейшую схему основных реакций, которая позволила бы правильно передать зависимость концентрации участников этих реакций от времени. На начальном этапе обработки экспериментальных данных эта схема включала 3 последовательные реакции:



где k_1 , k_2 и k_3 – константы скорости соответствующих реакций, не зависящие от концентраций и времени.

Как следует из теории кинетики последовательных реакций, концентрации промежуточных продуктов (моносахаров и этанола) должны проходить через максимум, что, и отражено на рис. 1. Вместе с тем, решение кинетической задачи 3-х последовательных реакций в литературе не описано, поэтому мы попытались упростить эту задачу. Как видно из рис. 1, к моменту времени 3 сут. сахара практически исчезает, а этанол только начинает появляться. Таким образом, система реакций (1) может быть разделена на 2 независимые стадии. Для упрощения записи этих реакций введем обозначения: А – Сахароза, В – Моносахара, D – Этанол. Е – Кислота. Тогда, с учетом стехиометрических коэффициентов, эти стадии можно записать в виде следующих реакций:



Здесь под буквами, обозначающими вещества, написаны выражения для их текущих концентраций, которые позволяют составить дифференциальные уравнения для скорости соответствующих реакций (C_{0a} , C_{0b} , C_{0d} и C_{0e} – начальные концентрации).

Первая стадия представляет собой необратимую реакцию I порядка; решение этой задачи хорошо известно. Однако наблюдающийся на рис. 1 вид зависимости $C(A)$ от времени (выпуклая кривая) противоречит теоретическому (вогнутая кривая), поскольку скорость этой реакции должна не возрастать, а уменьшаться с течением времени (уменьшается $C(A)$). Такой вид зависимости $C(A) - t$ получил объяснение благодаря учету наблюдавшегося экспериментального увеличения активности фермента. Таким образом, первую стадию необходимо рассматривать как гомогенно-каталитическую реакцию, скорость которой пропорциональна концентрации фермента. Порядок этой реакции по ферменту был найден равным 1,4: $V(1) = k(1) \cdot C(\text{кат.})^{1,4} \cdot C(A)$. В результате решения соответствующего дифференциального уравнения была получена зависимость $C(A)$ и $C(B)$ от времени в интервале 0–3 сут. (рис. 1).

При кинетическом анализе второй стадии нам пришлось дополнить ее ещё одним процессом – ассимиляцией продуктов реакции (1) биокulturой с учетом увеличения его биомассы. Необходимость этого наглядно видна из данных рис. 1. Здесь темными квадратами обозначены величины суммы концентраций всех участников реакции (1) с учетом их стехиометрических коэффициентов (в расчете на моносахара). До 3-х суток эти суммы практически постоянны и равны удвоенной начальной концентрации сахаразы, а затем быстро уменьшаются за счет поглощения части вещества растущим грибом. С точки зрения кинетики этот процесс может быть моделирован как реакция I порядка по концентрации поглощаемого вещества. Таким образом, схема процессов для второй стадии должна быть дополнена параллельной реакцией питания гриба. Положительный результат был получен только при учете поглощения этанола (линия «Питание» на рис. 1). Конечные результаты для второй стадии были получены путем решения дифференциального уравнения I порядка с правой частью стандартным методом неопределенных множителей Лагранжа.

Литература

1. Цед, Е. А. Оптимизация состава питательной среды для культивирования рисового гриба *Oryzamycesindici* как нового сбраживающего компонента для получения безалкогольных напитков брожения / Е.А. Цед, и [др.]// Вестник МГУП. – 2010. – № 2 (9). – С.43–49.