УДК 579.222.8

ЗАВИСИМОСТЬ СИНТЕЗА ПИГМЕНТА ОТ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ У ДРОЖЖЕЙ

А.О. Ромашко, 3 курс
Научный руководитель – **О.Н. Жук,** к.б.н., доцент
Полесский государственный университет

Дрожжи – эукариотические организмы относящиеся к царству грибы. Они способны синтезировать широкий спектр каротиноидов, а также обладают способностью в процессе ферментации накапливать достаточное количество биомассы и расти на относительно дешевых средах, эта группа эукариотных микроорганизмов занимает прочные позиции в современной биотехнологии. Исследована зависимость жесткости воды и способности пивных дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*) синтезировать каротиноиды и красный пигмент .От этого напрямую зависит цветность пива при варке , потому что каротиноиды являются красящим пигментом. В данной работе исследованы пробы воды из различных источников (колодежная и водопроводные воды). Установлено , что жесткость воды также влияет на метаболизм дрожжей в целом , за который отвечает определенные гены [1, с.1].

Актуальность этой работы – это выявить закономерность цветности и влияние этого на техническое производство, что является актуальной задачей. Поиск нового источника воды и анализ его жёсткости может положить начало нового производства.

Цель работы – систематизировать результаты исследований в области культивирования пивных дрожжей (в частности, *S.cerevisiae*) и обосновать зависимость цветности от жесткости воды.

Для достижения целей необходимо выполнить следующие задачи:

- Проанализировать генетический код бактерий на наличие определенных генов .
- Рассмотреть биохимические механизмы синтеза каротиноидов и красного пигмента (бета-каротина, торулина, торулародина) и их биологическую роль для клеток дрожжей;
- Изучить влияние качества воды на эффективность накопления биомассы и целевых пигментов;

Методы исследования основаны на технической инструкции «Требования к воде для производства пива ТИ-10-5031536-73-10», в которых описаны такие показатели как pH и жесткость воды, которые напрямую влияют на результат брожения [4 ,с.1-21]. Жесткость воды анализировалась согласно ГОСТ 31954–2012 «Вода питьевая. Методы определения жесткости.»[5, с.1-13]

Объектом исследования были пивные дрожжи – S.cerevisiae .

Важный микроэлемент в воде, который влияет на цвет пива – это карбонаты или гидрокарбонаты. Чем выше показатель этих ионов в вашей воде, тем темнее получится пиво. Учитывая этот фактор существуют нормы содержания этого иона в воде. Для светлых сортов пива их количество не должно превышать 50 мг/л, для янтарных (полутемных) 50-150 мг/л, а для темных сортов пива их содержание желательно еще выше, но не более 350 мг/л. А также это напрямую сказывается на процессе брожения. В больших масштабах производства это может сыграть решающую роль в том, какой в итоге получится продукт. Пигментация дрожжей, особенно красный цвет, чаще всего связана с мутациями в генах, блокирующих биосинтез аденина. Гены , отвечающие за пигментацию дрожжей – это гены ADE1 (YAR015W) и ADE2 (YOR128C)

Перспективным направлением в создании штаммов дрожжей с повышенным синтезом каротиноидов является использование культур, которые изначально не были способны к синтезу пигментов. По литературным данным, для этих целей используют дрожжи видов *Saccharomyces cerevisiae* и *Candida utilis* .

Для дрожжей *Rhodotorula glutinis* показано стимулирующее действие на синтез каротиноидов ионов и солей металлов: бария, железа, магния, кальция, цинка, кобальта, а для Rhodotorula graminis выявлено, что действие ионов металлов Al^{3+} и Zn^{2+} привело к увеличению продукции β- и γ-каротина. Напротив, ионы металлов Mn^{2+} и Zn^{2+} оказывали ингибирующее влияние на синтез каротиноидов торулена и торулародина. Ионы и соли металлов в процессе каротиногенеза активируют специфические ферменты, участвующие в биосинтезе пигментов, что объясняет сложные эффекты воздействия этих факторов на продукцию каротиноидов. Поскольку у этих организмов биосинтез происходит через мевалонатный путь , можно сделать вывод о том, что это тоже влияет на цветность продукта [2, с.1].

Красный пигмент дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* относится к группе N-гетероциклических соединений, в которую входят пурины, птерины и их производные. Культивирование в аэробных условиях клеток дрожжей *S. cerevisiae,* у которых инактивирован ген ADEI или ADE2, приводит к накоплению в цитоплазме клеток 5-аминоимидазолриботида (АИР), который, как полагают, транспортируется в вакуоли (глутатионзависимо) и в результате полимеризации и модификаций превращается в красный пигмент [3, с.10].

Также карбонаты и гидрокарбонаты – вещества повышающие щелочность воды, что приводит к лучшему вымыванию красящие веществ из зерна.

Вот результаты исследования образцов, где первый образец был взят из колодца глубиной 10 м, второй из колодца глубиной 6 м, третий образец – водопроводная вода. Первые 3 образца были взяты в аг.Федоры. Четвертый образец – водопроводная вода из г. Пинска. Решающими показателями идут жесткость и pH, которые и определяет цветность пива. Как можно заметить, содержание карбонатов никак не коррелирует с кислотностью среды.

Таблица – Анализ воды

Образец	Температура(°С)	pH	Жесткость(°Ж/мг/л)
1	8	8	7,5/375.3
2	6	8	13,5/675.5
3	15	7,3	15,0/750.6
4	15	7,5	9,0/450.4

Исходя из результатов таблицы можно сделать вывод о том , что все образцы непригодны для промышленного производства пива, так как содержание карбонатов слишком высокое.

Таким образом, качество воды, а именно ее жесткость обладают решающим влиянием на цветность пива, а биосинтез каротиноидов и красного пигмента играют немаловажную роль, какой по итогу продукт мы получим.

Список использованных источников

1. Невзглядова О. В. Влияние красного пигмента на амилоидизацию белков у дрожжей / О.В. Невзглядова, А. В. Артемов, А. Г. Миттенберг, Е. В. Михайлова, И. М. Кузнецова, К. К. Туроверов, Т. Р. Сойдла // Цитология. – 2010. – Т. 52, № 1. – С. 1–5.

2. Амен Т. Р. Сравнительная структурная и функциональная характеристика разных форм красного пигмента дрожжей Saccharomyces cerevisiae и его синтетического аналога / Т. Р. Амен, Е. В. Михайлова, В. В. Аленин [и др.] // Цитология. –2012. –Т. 54, № 11. –С. 1–5.

3. Савчик, А. В. Каротиноидсинтезирующие дрожжевые грибы и их применение в биотехнологии (обзор литературы) / А. В. Савчик, Г. И. Новик // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2020. – Т. 13, № 3(49). – С. 70-83.

4. Технологическая инструкция по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков : ТИ 10-5031536-73-10 : утв. Министерством пищевой промышленности СССР 15.01.1973 : введ. 01.07.1973. – Москва : Пищепромиздат, 1973. – 24 с.

5. ГОСТ 31954–2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости : межгосударственный стандарт : издание официальное : введен в действие 2014-01-01 / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Протектор». — Москва : Стандартинформ, 2013. — 13 с.