

ПРИМЕНЕНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ ДРОЖЖЕВОЙ БИОМАССЫ

Величко Т.А., канд. техн. наук, доцент, Килименчук Е.А., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В статье представлены результаты исследований по интенсификации процесса культивирования кормовых дрожжей морскими солями. Доказана целесообразность стимулирования роста дрожжей солями и рассчитан экономический эффект от внедрения предложенной энергосберегающей технологии.

In research results of the intensification process of nutrient yeast cultivation by sea salts are presented in the article. The suitability of yeast growth stimulation by salts has been proved and saving rate of the introduced of energy-saving technology has been estimated.

Ключевые слова: гидролизаты, биомасса, биостимуляторы, морские соли, культивирование, биореактор, себестоимость.

Обеспечение населения экологически безопасным продовольствием является приоритетной сферой хозяйственной деятельности любого государства, которая диктует необходимость поиска действенных способов решения этой проблемы в различных направлениях.

Одним из таких направлений является увеличение объемов продукции животноводства и птицеводства за счет использования сбалансированных по всем компонентам, и в первую очередь белковым, комбикормов.

Снижение объемов выпуска белковых составляющих комбикормов (аминокислот, кормовых дрожжей) из-за отсутствия сырья и кризиса экономики, недостаточное количество шротов и жмыхов масличных культур из-за вывоза последних за рубеж, высокие цены на белковые добавки импортного производства, привели к резкому обострению дефицита кормового белка на Украине и производству несбалансированных по данному компоненту комбикормов. Это, в свою очередь, стало одной из причин снижения показателей продуктивности сельскохозяйственных животных, птицы, уменьшению их поголовья и соответственно, уровня потребления продукции животноводства и птицеводства на душу населения.

Не смотря на это, с точки зрения экономики наиболее эффективным способом получения белковых добавок все же остается микробиологический, который не зависит от природных факторов и осуществляется индустриальным методом. Темпы его развития зависят от потребности в целевом продукте и наличия многотоннажных углеводосодержащих отходов, которые можно утилизировать. Его сущность в ассимиляции культурой или ассоциацией культур кормовых дрожжей углеводной компоненты питательной среды (как основного субстрата) и наращивании биомассы за достаточно короткое время. В связи с этим интерес к новым альтернативным видам углеводного сырья как основному возобновляемому источнику углерода не ослабевает. С экологической точки зрения он служит основой для создания безотходной технологии переработки растительных продуктов.

Авторами неоднократно публиковались статьи об использовании растительных отходов сельского хозяйства (стеблей хмеля – СХ, клещевины – СК, обрезки фруктовых деревьев – ОФД и др.) для получения полноценных питательных сред и культивирования на них кормовых дрожжей [1, 2]. Предлагаемые нами источники являются альтернативным сырьем, использование которого позволит в определенной мере восполнить дефицит кормовых добавок. При разработке биотехнологий получения кормовой биомассы из альтернативного сырья рассматривалась также возможность увеличения объемов ее выпуска несколькими путями:

- усовершенствование технологии за счет аппаратного оформления;
- использование высокопродуктивных дрожжевых культур;
- интенсификация процесса культивирования за счет введения биостимуляторов роста и размножения культур.

Последний путь отличается простотой, технологичностью и эффективностью.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы стало оптимизировать процесс микробиологического синтеза кормовых дрожжей непосредственно в биореакторе, используя в качестве биостимулятора морские соли.

Для выполнения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучены технологические свойства, химический и биополимерный состав растительных отходов;
- изучена структура и свойства отдельных биополимеров сырья;
- теоретически обоснованы пути превращения биополимеров сырья в условиях кислотной и энзиматической деградации;
- разработаны параметры гидролитической деструкции полисахаридов сырья в условиях опытного и опытно-промышленного производства;
- получена питательная среда на основе гидролизатов, изучена ее биологическая доброкачественность;
- подобраны штаммы дрожжевых культур, активно растущих на гидролизатах ОФД, СХ и СК;
- теоретически обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность интенсификации культивирования кормового белка.

Решение последней задачи приводится авторами данной статьи.

Известно, что для роста и размножения дрожжевой клетки необходимы питательные вещества, которые удовлетворяли бы ее потребность в структурных элементах и энергии, и стимуляторы роста. В качестве биостимуляторов роста применяют аминокислоты, витамины, экстракты кукурузного зерна, солодовых ростков и др. [3, 4, 5]. К таким стимуляторам можно отнести морские соли, содержащие в своем составе К, Mg, Fe, Zn, Cd, Cu, Cl, J и др. Многие из них входят в состав структурных компонентов клетки, являются активаторами ферментов и участвуют в обмене веществ. Такие элементы как Na, K, Ca, Mg, Fe, P способны накапливаться в клеточной массе, а небольшое содержание микроэлементов Co, Zn, Cu, Br, J и др. стимулируют рост дрожжевой клетки [4, 6].

Недостаток минеральных компонентов в периодической культуре приводит к лимитации скорости роста дрожжей. В непрерывной – вызывает уменьшение скорости накопления биомассы. Влияние минеральных веществ на рост и развитие дрожжей можно определить такими независимыми факторами: концентрацией биомассы в культуральной среде; удельной скоростью образования продукта; выходом продукта от субстрата; скоростью гибели клетки; длительностью синтетической активности.

Исходя из изложенного, нами проведены исследования по выявлению стимулирующего эффекта морских солей на рост и развитие дрожжевой клетки. Культивирование дрожжей проводили на гидролизатах, полученных при перколяционном гидролизе разбавленным раствором серной кислоты в присутствии морских солей и непосредственным добавлением последних в ферментер.

Для выращивания были заготовлены гидролизаты, полученные на камеральной установке при перколяционном гидролизе ОФД, водным раствором с массовой долей серной кислоты 0,6 % и морских солей 0,2 %; 0,6 %; 1,0 %; 1,4 %; 1,8 %; 2,0 % соответственно. В качестве контроля служили гидролизаты, полученные в тех же условиях, но без солей. После соответствующей подготовки (нейтрализации, продувки воздухом, фильтрации, аэрации) в гидролизаты подавались соли азота, калия по расчету.

Для выращивания использовали культуры дрожжей: *Candida scottii* – КС-2, *Candida aquatica* – Нх, *Hansenula anomala*-КС – 3, Тульская 6, культивирование проводили непрерывным способом в течение 48...72 часов. Культивировали как отдельные культуры, так и смешанные. Использование смешанных культур обеспечивает практически полное потребление субстрата и высокий выход биомассы.

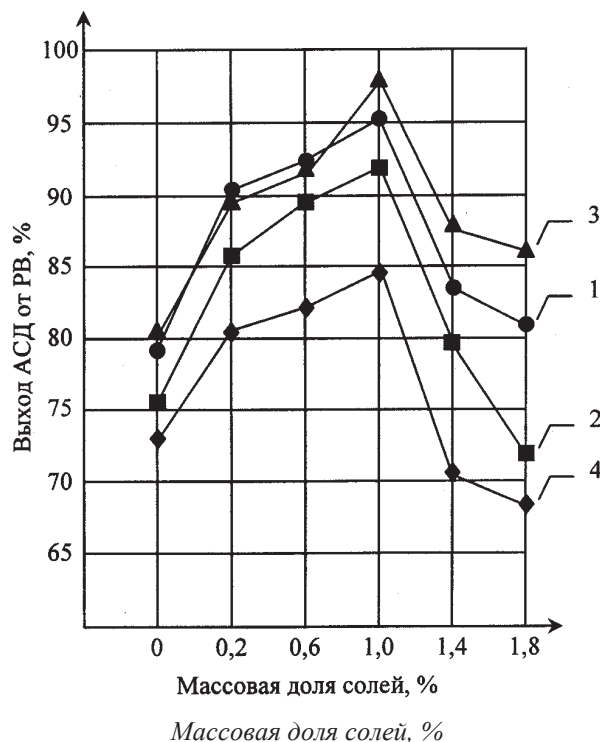
Полученные при культивировании данные свидетельствовали, что гидролизаты в указанных условиях обеспечивали интенсивный рост биомассы 0,98 ... 18,03 г/дм³ АСД (абсолютно сухих дрожжей). Наилучшие результаты были получены на гидролизатах с массовой долей морских солей 1,0 % и РВ 1,6 %. При этом выход биомассы от внесенных редуцирующих веществ (РВ) составил 98,1 %, что на 22,3 % больше по сравнению с контролем, содержание общего белка в ней 62,8 %.

Дальнейшее увеличение массовой доли солей приводило к снижению продуктивности и соответственно выхода биомассы от РВ, однако их значения превышали контрольные. За время культивирования физиологическое состояние дрожжей не изменялось, в течение 72 часов оставались активными, почкующимися и обеспечивали высокую ассимиляцию углеводов, органических кислот, минерального азота, фосфора и калия.

Скорость роста дрожжевой клетки и время ее пребывания в аппарате при непрерывном культивировании определяется скоростью протока (Д) поданного гидролизата в ферментер и выведенной культуральной жидкости из него. Исходя из этого, наибольший интерес представляло изучение влияния скорости протока на накопление АСД, выход их от РВ и степень ассимилирования основных питательных компонентов среды при массовой доле в ней РВ 1,6 %, морских солей 0,2 ... 1,8 %.

Результаты исследований приведены на рис. 1.

Приведенные данные свидетельствуют, что присутствие морских солей обеспечивает высокую скорость роста как при $D = 0,200 \text{ ч}^{-1}$, так и при $D = 0,350 \text{ ч}^{-1}$ с выходом АСД от РВ 95,1 %, 84,7 % соответственно и на 95 ... 97 % ассимилирование компонентов среды.



1 – $D = 0,200 \text{ ч}^{-1}$; 2 – $D = 0,250 \text{ ч}^{-1}$; 3 – $D = 0,300 \text{ ч}^{-1}$; 4 – $D = 0,350 \text{ ч}^{-1}$

Рис. 1 – Влияние морских солей на выход дрожжей при различной скорости протока

Исследования по выращиванию дрожжей при непосредственной подаче морских солей в ферментер проводили на гидролизате ОФД следующей характеристики: РВ 1,8 %, фурфурол 0,012 %, бромлируемые вещества 0,127 г/дм³, взвешенные вещества 0,06 г/дм³, Р₂О₅ 357 мг/дм³, рН 4,2, морские соли 0,025 %; 0,05 %; 0,075 %; 0,1 % соответственно.

Культивирование проводили в ферментере с аэрлифтной системой воздухораспределения, объем дрожжевой суспензии поддерживали 1 дм³. Скорость протока среды как для опыта, так и для контроля 0,300 ч⁻¹.

В табл. 1 приведены данные по культивированию одной из культур *Candida skottii* – КС-2 в присутствии морских солей.

Таблица 1 – Химико-технологические показатели выращивания

Показатели	Контроль	Массовая доля вводимых солей, %			
		0,025	0,050	0,075	0,100
РВ, %	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Концентрация АСД, г/дм ³	9,45	12,76	13,24	11,88	10,93
Выход АСД от РВ, %	52,5	70,88	73,55	66,00	60,72
Удельная скорость роста, ч ⁻¹	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Время роста, ч	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
Продуктивность, г/дм ³ ч	2,84	3,83	3,97	3,56	3,27
Производительность ферментера, г/дм ³ ч	2,84	3,83	3,97	3,56	3,27
Остаточное РВ в КЖ	0,12	0,09	0,07	0,10	0,10
Степень утилизации РВ	93,34	35,00	96,12	94,45	94,45

Химико-технологические показатели процесса, приведенные в табл. 1, свидетельствуют, что добавление 0,025 % морских солей в питательную среду приводит к увеличению концентрации АСД, их выходу от вводимых РВ, и продуктивности на 35 % по сравнению с контролем при одинаковом времени роста

и высокой степени утилизации РВ.

Увеличение вводимых солей до 0,05 % способствовало возрастанию всех показателей до наилучших их значений, а 0,075 % и 0,1 % – к их снижению.

За время роста физиологическое состояние дрожжей оставалось хорошим, они проявляли высокую активность и почкование, при этом накапливали 58,85 % сырого протеина, сбалансированного по аминокислотному составу, не токсичны, отсутствуют нитриты, нитраты, соли тяжелых металлов.

Химический состав последрождевой бражки показал, что добавление морских солей в гидролизат способствует усвоению дрожжами его РВ на 94,45 ... 96,12 %, аминокислот 80 ... 82 %. При этом наиболее полно усваиваются такие аминокислоты как аргинин, пролин и аспарагиновая кислота. Отмечается 100 % усвоение летучих органических кислот.

Результаты промышленной апробации подтвердили принципиальную возможность и экономическую целесообразность переработки нетрадиционных отходов растительного сырья в кормовой белок и применение морских солей в качестве интенсификатора процесса культивирования.

Расчет себестоимости затрат и технико-экономических показателей производства товарных дрожжей показал, что применение морских солей на стадии гидролиза сырья и культивирования значительно сокращает расходы пара и электроэнергии за счет сокращения времени протекания этих процессов, что в конечном итоге снижает себестоимость одной тонны товарных дрожжей. Таким образом, дополнительно на одну тонну товарных дрожжей можно получить прибыли 173 грн., а по заводу производительностью 10 тыс. т дрожжей в год – 1,73 млн. грн.

Проведенные исследования подтвердили, что введение биостимулятора на стадии культивирования дрожжей является не только высокоэффективным способом получения качественной белковой добавки, но и энергосберегающей технологией, позволяющей производителю получать от одного до двух миллионов гривен в год.

Литература

1. Килименчук Е.А. Разработка биотехнологии получения кормового белка на основе нетрадиционного сырья: Дис... канд. техн. наук: – 03.00.20. – О., 2003. – 232 с.
2. Величко Т.А. Ферментативная трансформация нетрадиционных растительных отходов в белковые кормовые добавки / Т.А. Величко, Е.А. Килименчук, О.В. Дышкантук // Наук. пр. ОНАХТ / Міністерство освіти України. – Одеса: 2008. – Вип. 32. – С. 182 – 186.
3. Лопатина Т.Ф. Исследование каталитического действия солей на процессе дегидратации пептоз / Т.Ф. Лопатина, И.И. Корольков. – Сб. реф. мат. // Гидролизное производство. – 1970. – № 7. – С. 3 – 6.
4. Ruzie Nadezda. Влияние ионов Cu на активность дрожжей *Saccharomyces ballii*. Uticaj jona bakra na aktivnost kvasca *Saccharomyces ballii* / Nadezda Ruzie, Dragija Pericin // Jugosloven. vinogr. i vinar. – 1989. – 23. – № 5. – С. 10 – 14.
5. Накопление биомассы, азотистый и аминокислотный состав кормовых дрожжей на средах с биостимуляторами / Н.М. Вербина, Г.И. Фертман, Г.А. Бурлаченко, А.М. Крапиневиц // Пищевая технология, 1976. – № 2. – С. 71 – 74.
6. Перт С. Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток // Пер. с англ. Т.А. Петрова, И.Н. Позмоговая. – М.: Мир, 1978. – 331 с.

УДК 541.124:547

ПРОГНОЗУВАННЯ УМОВ ДОСЯГНЕННЯ КОНФОРМАЦІЙНОЇ РІВНОВАГИ І ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ В СИСТЕМАХ «AlgNa-Ca²⁺»

¹Пивоваров П. П., д.т.н., професор, ²Оковитий С. І., д.х.н., доцент, ¹Пивоваров Є. П., к. т. н., доцент, ²Кондратюк Н. В., ст. викл., ¹Калашнікова К. І.

¹Харківський державний університет харчування та торгівлі
²Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара

Методами ММЗ та РМБ досліджено конформаційні властивості димеру мануронової кислоти, розраховано величини теплових ефектів реакції утворення м'яких та еластичних гелів на основі натрій мануронату та гулурунату шляхом заміщення йонів натрію на йони кальцію. Охарактеризовані стадії процесу утворення гелів на основі альгінату натрію.