

**УДК 635.2:577.15**

## **ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕВОДСОДЕРЖАЩИХ СУБСТРАТОВ ИЗ ВЕГЕТАТИВНОЙ ЧАСТИ ТОПИНАМБУРА**

© **Т.Н. Емелина, Т.В. Рязанова\*, Н.А. Чупрова**

*Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира, 82,  
Красноярск, 660049 (Россия) e-mail: repyakh@sibstu.kts.ru*

Предметом исследования служила вегетативная часть топинамбура. Установлен ее химический состав и доказана возможность получения углеводсодержащих субстратов и сбраживаемость их дрожжами рода *Schizosaccaromyces*. Показано, что выход этанола на субстрате из топинамбура на 23% выше, чем на субстратах древесного происхождения.

### **Введение**

В связи с постепенным сокращением доступных ресурсов древесины в последние годы во всем мире уделяется серьезное внимание изысканию новых видов сырья для химической и биохимической переработки. К числу перспективных сырьевых источников относится многолетнее растение – топинамбур. Топинамбур, или земляная груша, формирует огромный урожай подземной и надземной частей (85–120 т/га). Не менее ценными свойствами топинамбура являются значительная пластичность и экологичность, так как культивирование его возможно на неудобьях и бросовых почвах. Это растение устойчиво ко многим болезням и вредителям и не нуждается в обработке ядохимикатами [1, 2].

Благодаря уникальному химическому составу топинамбур обладает большими возможностями как пищевая и кормовая культура, а также сырье для получения лечебно-диетических продуктов. В первую очередь он привлекает значительным содержанием углеводов, а это является одним из основных требований, предъявляемых к сырью для биохимических производств.

Наиболее полно изучен химический состав клубневой части топинамбура, но практически отсутствуют данные о вегетативной части и, в частности, почти не изучен состав стеблей.

В связи с этим целью работы было изучение химического состава стеблей топинамбура, определение условий их гидролиза, исследование химического состава и пригодности полученных углеводсодержащих субстратов для сбраживания с целью получения этанола.

### **Экспериментальная часть и обсуждение результатов**

В данной работе сырьем для исследования служили стебли топинамбура сорта «Интерес», отобранные в конце сентября – начале октября.

Исследования проводили по методикам, принятым в химии растительного сырья [3]. В исходном образце топинамбура определяли влажность методом высушивания, минеральные компоненты – методом озоления, легко- и трудногидролизуемые полисахариды – методом Кизеля и Семигановского и лигноподобные вещества – методом Кенига в модификации Комарова. Результаты исследования химического состава приведены в таблице 1.

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

Как видно из таблицы 1, химический состав исследуемого образца представлен в основном веществами углеводного характера. Их высокое содержание дает основание рекомендовать стебли топинамбура в качестве сырья для получения углеводсодержащих субстратов, используемых в биохимических производствах. В связи со значительным содержанием полисахаридов нами исследовалась возможность проведения кислотного гидролиза стеблей топинамбура.

Гидролиз проводили в металлических ампулах 0,8%-ным раствором серной кислоты в термостатируемом режиме, варьируя температуру от 150 до 170°C. Продолжительность процесса от 45 до 120 мин. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Исследования показали, что химический состав гидролизатов в значительной степени зависит от режимов гидролиза, и чем выше температура, тем меньше должна быть его продолжительность для достижения наибольшего выхода РВ. Наибольшее количество РВ (54,5%) получено при продолжительности процесса гидролиза 105 мин (с учетом 10 мин, затрачиваемых на прогрев) при температуре 160°C. При дальнейшем увеличении продолжительности гидролиза происходит снижение выхода РВ. При проведении гидролиза при температуре 170°C максимального значения выход РВ достигает при продолжительности процесса 75 мин. Но согласно проведенным исследованиям, чем жестче режим гидролиза, тем выше содержание в гидролизате бромлируемых веществ (фурфурола, оксиметилфурфурола, метилфурфурола). При увеличении температуры процесса на 10°C их содержание увеличивается в 1,5 раза.

Поэтому для дальнейших исследований использовали гидролизат, полученный при температуре 160°C и продолжительности процесса 105 мин. Гидролизат был исследован на содержание сухих, редуцирующих, сбраживаемых, бромлируемых веществ и моносахаридов согласно принятым методикам [4]. Качественный и количественный составы веществ сахарной природы исследовали методом нисходящей бумажной хроматографии в системе растворителей *n*-бутанол : ацетон : вода (4 : 5 : 1) в качестве проявителя использовали анилинфталат, который дает окрашенные соединения с углеводами. Идентификацию компонентов проводили путем сравнения коэффициента подвижности компонентов гидролизата со значением коэффициента подвижности стандартов, в качестве которых использовали растворы глюкозы, фруктозы, галактозы и арабинозы. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Как видно из результатов, в водном экстракте содержатся три вида сахаров, основная доля приходится на фруктозу – 49,96%, большое количество глюкозы – 34,12% и галактозы – 15,92%. Гидролизат, кроме вышеназванных моносахаридов, содержит также ксилозу и арабинозу. Большая часть сахаров приходится на глюкозу (48,65%) и фруктозу (37,69%), остальные же содержатся в незначительных количествах: 0,84% галактозы, 8,65% арабинозы и 4,17% ксилозы.

Таблица 1. Химический состав стеблей топинамбура

| Показатели                             | Значение показателей, % а.с.м. |
|--|--------------------------------|
| Влажность                              | 7,9                            |
| Зола                                   | 2,4                            |
| Вещества, экстрагируемые горячей водой | 32,4                           |
| в том числе редуцирующие вещества (РВ) | 16,6                           |
| Легкогидролизуемые полисахариды        | 23,5                           |
| Трудногидролизуемые полисахариды       | 32,5                           |
| Лигноподобные вещества                 | 17,7                           |

Таблица 2. Влияние продолжительности и температуры гидролиза стеблей на выход РВ

| Продолжительность процесса, мин | Выход РВ, % при температуре, °С |      |      |
|---------------------------------|---------------------------------|------|------|
|                                 | 150                             | 160  | 170  |
| 45                              | 38,2                            | 32,8 | 42,4 |
| 60                              | 42,1                            | 33,4 | 45,8 |
| 75                              | 43,5                            | 38,9 | 52,9 |
| 90                              | 48,0                            | 45,8 | 49,5 |
| 105                             | 46,0                            | 54,5 | 37,4 |
| 120                             | 37,8                            | 50,3 | 24,8 |

Таблица 3. Состав углеводов

| Наименование моносахарида | Содержание, % от РВ |            |
|---------------------------|---------------------|------------|
|                           | Водный экстракт     | Гидролизат |
| Галактоза                 | 15,92               | 0,84       |
| Фруктоза                  | 49,96               | 37,69      |
| Глюкоза                   | 34,12               | 48,65      |
| Арабиноза                 | –                   | 8,65       |
| Ксилоза                   | –                   | 4,17       |

С целью установления возможности сбраживания субстратов, полученных при гидролизе вегетативной части, был проведен ряд экспериментов.

Подготовка гидролизатов к сбраживанию проводили по принятому в микробиологической промышленности режиму, т.е. в две ступени: нейтрализация известковым молоком до pH 3,5 и донейтрализация аммиачной водой.

Процесс брожения проводили в анаэробных условиях при температуре 32–34°C с использованием промышленной культуры дрожжей рода *Schizosaccaromyces* с концентрацией 30 г/л.

Для увеличения эффективности процесса брожения был разработан вариант двухстадийной переработки, предусматривающий на первой стадии использование в качестве экстрагента воды и гидролиз разбавленной серной кислотой на второй стадии. Доброкачественность гидролизата при этом составляла 92%.

Результаты исследования показали, что полнота сбраживания смешанного субстрата и, следовательно, выход этилового спирта выше на 23%, чем при сбраживании субстрата без добавления водного экстракта и древесного сула, полученного на Красноярском биохимическом заводе.

### **Выводы**

1. Изучено влияние температуры и продолжительности гидролиза стеблей топинамбура на выход и состав гидролизата. Исследован состав углеводов гидролизата.

2. Показана возможность и эффективность сбраживания субстратов из вегетативной части топинамбура дрожжами рода *Schizosaccaromyces*.

### **Список литературы**

1. Пасько Н.М. Топинамбур на кормовые, технические, пищевые, лекарственные и экологические цели // Тез. докл. третьей Всесоюзной науч.-производ. конф. Одесса, 1991. С. 9–15.
2. Светашов А.С., Шатохин Н.А., Дорофеев В.Н. Топинамбур – экологическая культура // Тез. докл. третьей Всесоюзной науч.-производ. конф. Одесса, 1991. 134 с.
3. Рязанова Т.В., Чупрова Н.А., Исаева Е.В. Химия древесины: Учеб. для вузов. Красноярск, 1996. 358 с.
4. Емельянова И.З. Химико-технический контроль гидролизных производств. М., 1969. 368 с.

Поступило в редакцию 13 ноября 2001 г.