

**А.В. Виноградова, О.В. Паклина, Е.Н. Анашкина**

Пермский государственный технический университет

## **ТОПИНАМБУР – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ БИОТЕХНОЛОГИИ**

*Отработан режим гидролиза клубней топинамбура и показана доброкачественность полученного гидролизата в качестве питательной среды при культивировании дрожжей и получении этилового спирта.*

Одним из факторов, влияющих на быстрый рост микроорганизмов и максимальный синтез ими различных биологически активных веществ, являются питательные среды. При подборе питательной среды учитывается ее полноценность, т.е. обоснованный и сбалансированный набор питательных соединений, необходимых микроорганизму для построения растущей клетки и синтеза конечного целевого продукта.

В научной литературе последнее время заметное внимание уделяется культуре топинамбура, перспективам его использования в пищевой, фармацевтической, консервной промышленности и кормопроизводстве [1]. Ценность этого растения обуславливается его урожайностью, химическим составом, неприхотливостью при возделывании.

Топинамбур (земляная груша, *Helianthus tuberosus*, подсолнечник клубненосный) – это многолетнее клубненосное растение. Наземной частью напоминает подсолнечник. Стебель прямой крепкий, иногда до 4 м в высоту. Корневая система мощная, глубокая [2].

Топинамбур экологически пластичен и произрастает в различных климатических зонах: от тропиков до северных районов земледелия. Топинамбур – это неприхотливая быстрорастущая культура, способная даже в неблагоприятных условиях давать устойчивые урожаи клубней и зеленой массы. При этом по урожайности земляная груша превосходит картофель и сахарную свеклу.

Топинамбур – действенный биологический защитник. Он меньше, чем другие растения, накапливает нитраты, тяжелые металлы, радионуклиды. Его можно культивировать на экологически неблагоприятных землях. Клубни и продукты, полученные из них, безопасны в отношении токсичных ионов.

Растения топинамбура не нуждаются в обработке пестицидами, так как устойчивы ко многим болезням и вредителям, в том числе фитофторе, колорадскому жуку и нематоды, вследствие чего дают полноценную экологически безопасную пищевую и кормовую продукцию.

Топинамбур привлекает внимание исследователей не только своей продуктивностью, но и уникальным химическим составом [3, 4]. Клубни топинамбура содержат около 25 % сухих веществ, основную массу которых составляют углеводы. Преимущественно это фруктозаны, т.е. полимеры фруктозы. Среди них наиболее ценится инулин – резервный полисахарид топинамбура. Содержание инулина в клубнях достигает 80 % от сухих веществ.

Клубни топинамбура богаты пищевыми волокнами, которые представляют собой комплекс полисахаридов (пектинов, клетчатки, целлюлозы, гемицеллюлоз) с лигнином и связанными с ними белковыми веществами. Пектиновых веществ в топинамбуре содержится до 11 % от массы сухого вещества, клетчатки 2–4 %. В состав клубней топинамбура входят также белки, аминокислоты, органические и жирные кислоты, витамины, минеральные вещества (рис. 1).



Рис. 1. Химический состав клубней топинамбура

Существующие технологии переработки клубней включают в себя выделение инулина, который применяется в лечебно-профилактическом питании больных сахарным диабетом и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Кроме того, инулин является пребиотиком и добавляется в йогурты и напитки, нормализующие работу кишечника.

После выделения инулина остается биомасса клубней, так называемый жом, который используется в качестве корма для сельскохозяйственных животных. Однако питательная ценность жома мала,

это связано с низким содержанием в нем белка, кроме того, растительный белок, как правило, не сбалансирован по ряду незаменимых аминокислот.

С учетом вышесказанного представляло интерес оценить эффективность использования клубней топинамбура в качестве сырья для биотехнологических процессов на примере традиционных технологий получения белковых кормовых дрожжей и этилового спирта.

С этой целью клубни измельчали и полученную массу гидролизовали для перевода поли- и олигосахаридов в потребляемые микроорганизмами моносахариды при гидромодуле 8. Исследовано несколько режимов гидролиза: водный (рН 6), кислотный (серной кислотой различной концентрации, рН от 1,8 до 4,5), гидролиз под избыточным давлением и при различной температуре.

Нарастание количества моносахаридов в гидролизате оценивали по содержанию редуцирующих веществ (РВ) эбулиостатическим методом. На диаграммах представлены концентрации РВ в гидролизатах при различных условиях гидролиза (рис. 2).

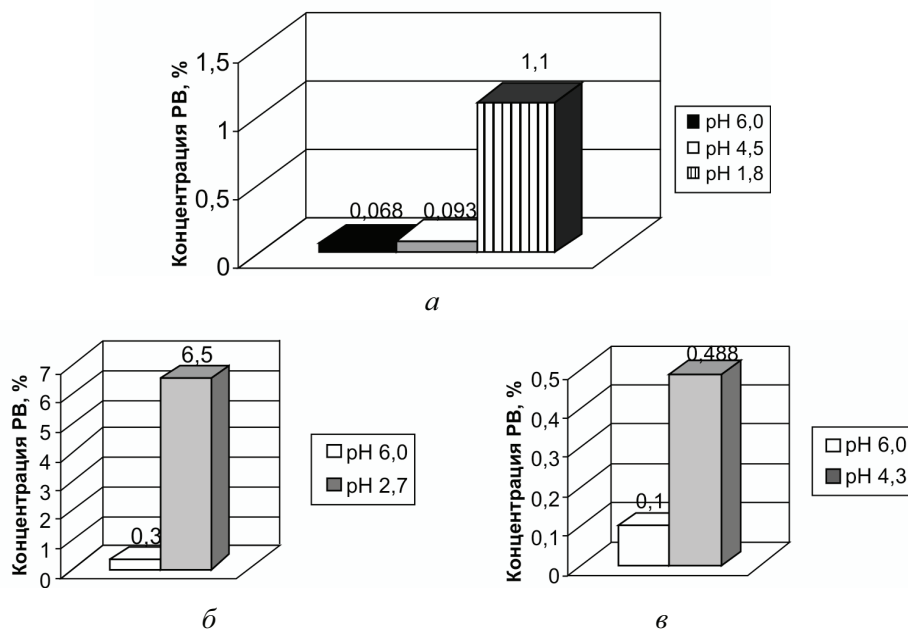


Рис. 2. Зависимость концентрации РВ в гидролизате от режима гидролиза:  
*a* –  $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 1 ч; *б* –  $t = 113\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 20 мин; *в* –  $t = 121\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 1 ч

При атмосферном давлении наибольший прирост РВ получен при концентрации серной кислоты 0,5 % и температуре  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При данных условиях концентрация редуцирующих веществ в гидролизате повышалась в течение 3 ч и составила к третьему часу 1,8 % (рис. 3).

При гидролизе под избыточным давлением 0,5 атм ( $t = 113\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в течение 5–20 мин содержание РВ в гидролизате повысилось до 7,3–6,5 % (рис. 4).

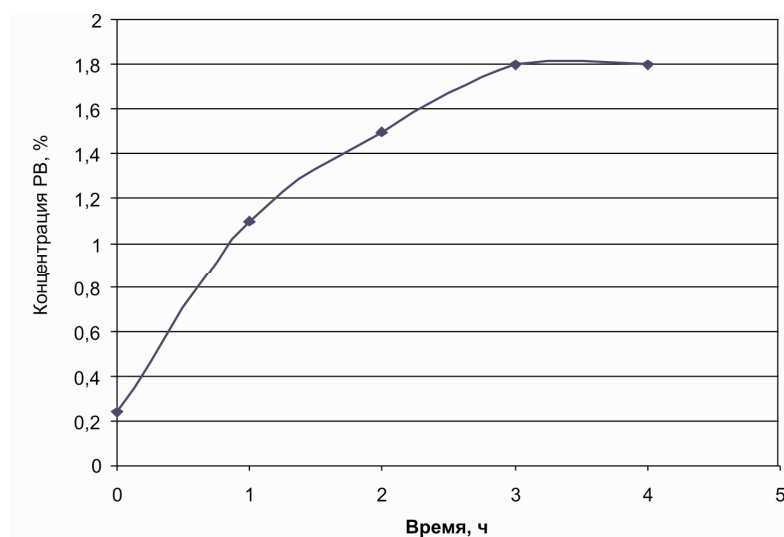


Рис. 3. Изменение концентрации РВ в процессе гидролиза клубней топинамбура при атмосферном давлении (100 °C)

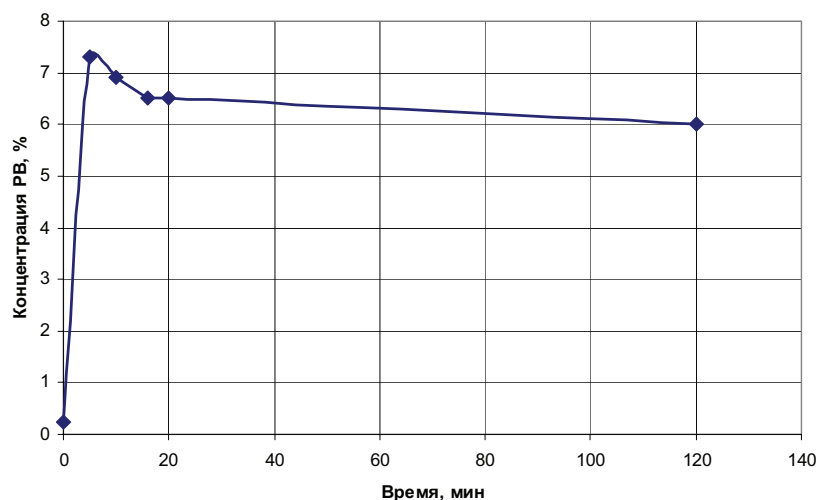


Рис. 4. Изменение концентрации РВ в гидролизате при гидролизе биомассы клубней топинамбура при избыточном давлении 0,5 атм

Снижение концентрации РВ с течением времени (более 5 мин) в процессе гидролиза происходит, по-видимому, в результате их разложения.

Увеличение избыточного давления до 1 атм (121 °С) не привело к повышению содержания РВ в гидролизатах как водных, так и кислотных (см. рис. 2, в).

Таким образом, наиболее эффективными условиями гидролиза оказались: температура 113 °С (избыточное давление 0,5 атм), концентрация серной кислоты 0,5 %, гидромодуль 8, продолжительность 5–20 мин. Проведение гидролиза в таком режиме приводит к концентрации РВ в гидролизате 6,0–7,3 %.

Хроматографический качественный анализ гидролизата показал отсутствие в нем поли- и олигосахаров, моносахаридная составляющая представлена фруктозой и глюкозой. Причем концентрация фруктозы значительно больше, чем глюкозы.

Полученный гидролизат использовали в качестве питательной среды при культивировании дрожжей рода *Candida scottii* АБ-1 в периодических условиях на качалке с числом 160 об/мин при температуре 37 °С. Подготовка гидролизата к биохимической переработке заключалась в разбавлении его водой, внесении солей фосфора и калия нейтрализации аммиачной водой до рН 5,0 (одновременно – источник азота). Результаты культивирования приведены в таблице.

#### **Показатели эффективности накопления биомассы дрожжей на гидролизате клубней топинамбура**

РВ исх., %	Концентрация биомассы, г/л		Эконом. коэффициент	Содержание белка, %
	сырой	сухой		
1,6	25,88	7,14	0,51	49,9

Приведенные среднеарифметические данные трех опытов показывают, что полученный гидролизат является биологически доброкачественным, обеспечивая высокий съём микробной биомассы с содержанием белка 49,9 %.

Удельная скорость роста дрожжей, рассчитанная по изменению оптической плотности суспензии ( $D$ ), составила в логарифмической фазе  $(0,60 \pm 0,08)ч^{-1}$  (рис. 5).

Сбраживание углеводной части гидролизата дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* при исходной концентрации РВ 7,3 % в течение 22 ч показало высокую скорость спиртового брожения. Расчетная величина выхода этилового спирта с 1 т клубней составила  $10,9 \pm 1,0$  дал.

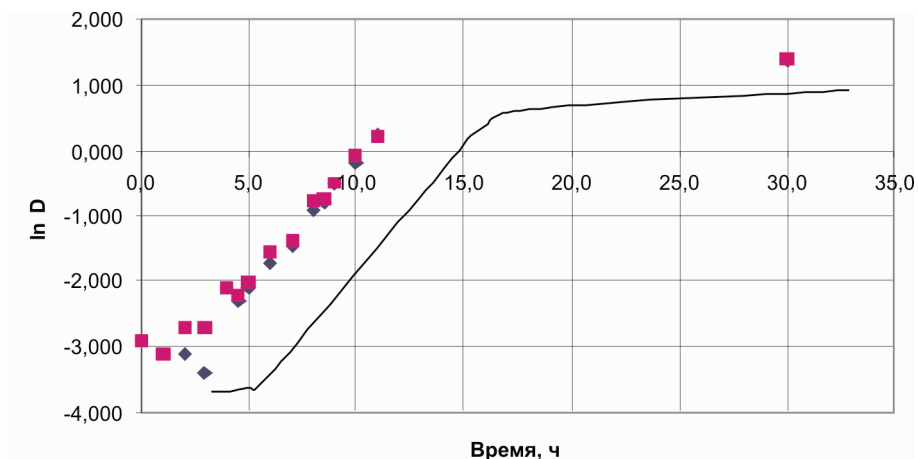


Рис. 5. Кривая роста дрожжей на гидролизате клубней топинамбура

Таким образом, показано, что клубни топинамбура могут рассматриваться как потенциальное сырье для биотехнологических процессов. Гидролизат, полученный на их основе, является биологически доброкачественным субстратом и может быть использован в качестве питательной среды при культивировании микроорганизмов в технологии получения микробной биомассы различного назначения и биологически активных веществ.

#### Список литературы

1. Пасько Н.М. Топинамбур – биотехнологический потенциал для пищевых, лечебных, технических, кормовых и экологических целей // Топинамбур и топинамбур – проблемы возделывания и использования: материалы III Всесоюз. науч.-произв. конф. – Одесса: Маяк, 1991. – С. 26–50.
2. Энциклопедия Кругосвет / под ред. А.Ю. Яковлева. – М.: Наука, 2001. – 338 с.
3. Кахана Б.М., Арасимович В.В. Биохимия топинамбура. – Кишинев, 1974. – 79 с.
4. Шаин С.С. Топинамбур: новый путь к здоровью и красоте. – М.: Фитон+, 2000. – 128 с.

Получено 6.12.2010