



**HAL**  
open science

## Possible ways of bioconversion of saponin-containing plant waste/

Dmitry Edelev, Mikhael Sulman, Alexander Sidorov, Elena Ozhimkova, Boris Tihonov, Valentin Doluda, Esfir Sulman, Galina Rabinovich

### ► To cite this version:

Dmitry Edelev, Mikhael Sulman, Alexander Sidorov, Elena Ozhimkova, Boris Tihonov, et al.. Possible ways of bioconversion of saponin-containing plant waste/ Scientific and Technical Herald of the Volga region/ - , 2013, 3, pp.136-140. hal-01063370

**HAL Id: hal-01063370**

**<https://hal.science/hal-01063370>**

Submitted on 12 Sep 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

05.18.07

<sup>1</sup>Д.А. Еделев, <sup>2</sup>М.Г. Сульман, <sup>2</sup>А.И. Сидоров, <sup>3</sup>Е.В. Ожимкова,  
<sup>3</sup>Б.Б. Тихонов, <sup>2</sup>В.Ю. Долуда, <sup>3</sup>Э.М. Сульман, <sup>2</sup>Г.Ю. Рабинович

<sup>1</sup>Московский государственный университет пищевых производств, Москва

<sup>2</sup>Тверской государственный технический университет, Тверь

<sup>3</sup>Тверской государственный университет, Тверь

Тверь, science@science.tver.ru

## **ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ БИОКОНВЕРСИИ САПОНИНСОДЕРЖАЩИХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ**

*В статье изучена возможность проведения биокаталитической утилизации органических отходов производства сапонинов из корня *Saponaria officinalis*. Практическое использование этого процесса позволит обеспечить переработку отходов с получением ценных продуктов, в первую очередь - удобрений.*

Ключевые слова: *сапонины, Saponaria officinalis, биоконверсия, растительные отходы.*

В последние годы значительно увеличилась интенсивность использования микробиологических процессов для биоконверсии растительного сырья, то есть для превращения компонентов растительной массы в полезные вещества и продукты с помощью микроорганизмов. Особая перспективность работ, посвященных биоконверсии растительного сырья, определяется тем, что ресурсы растительного сырья возобновляемы и практически неисчерпаемы. Для повышения экологичности и экономической эффективности процессов утилизации органических отходов необходимо создание новых методов биоконверсии путем использования более эффективных микроорганизмов и технологических режимов процесса.

Эффективность биоконверсии зависит от очень широкого диапазона факторов: генетических свойств микроорганизма, характера субстрата, биохимических и физиологических процессов и т.д. Известно много способов интенсификации процессов биоконверсии: оптимизация состава питательной среды и условий культивирования микроорганизмов, повышение концентрации микробной биомассы в среде, иммобилизация клеток на инертном носителе, внедрение непрерывных процессов и их автоматизация, совершенствование технологического оборудования [3].

В условиях современного рынка комплексная переработка растительного сырья имеет особое экономическое значение. В последнее десятилетие за рубежом для решения сырьевых и энергетических проблем активно ведутся работы по получению биоэтанола и фурфурола на основе древесины и сельскохозяйственных отходов. В производстве биоэтанола чаще всего используют альтернативные технологии комплексной переработки растительного сырья.

Сапонины являются объектом повышенного внимания биотехнологов благодаря их биологическим свойствам [5, 6]. Широкий спектр биологического действия сапонинов базируется на способности этих веществ модифицировать структурно-функциональные свойства клеточных мембран. Сапонины обладают гемолитической, цитотоксической, антивирусной, антифунгальной, антидрожжевой и антипаразитарной активностью [6]. Сапонины способствуют быстрому усвоению воды и столь же быстрому ее дренированию. Но наиболее интересной их особенностью является то, что при введении их в ту или иную экосистему они способствуют созданию особой микрофлоры. Эта микрофлора становится источником быстрой пролиферации благотворных микроорганизмов и бактерий и уничтожения патогенных микроорганизмов и бактерий. Сапонины могут оказывать влияние на проницаемость растительных клеток. Определенные концентрации сапонинов ускоряют

проращение семян, рост и развитие растений, а в увеличенных концентрациях могут их тормозить. Особую роль выполняют в растениях фриделиновые тритерпены (фриделин, церин), поскольку они содержатся в лубе растений [1].

Биотрансформация тритерпеновых гликозидов проходит последовательно в 2 стадии. В первую очередь отщепляются и подвергаются биотрансформации (гидролизу) боковые олигосахаридные цепи, которые являются источником энергии для микроорганизмов. Биотрансформация тритерпенового пентациклического агликона затруднена из-за наличия циклических звеньев и обычно заключается в изменении характера функциональных групп [4, 7, 11]. В работе [7] приведены результаты исследований по микробной биотрансформации моно-, ди- и тритерпенов, в частности - 18 $\beta$ -глицирризиновой кислоты, широко известного биологически активного вещества корня солодки (*Glycyrrhiza radix*). Она была подвергнута ферментации *Cunninghamella elegans* с получением гидроксильированного продукта - 3 $\beta$ ,7 $\beta$ -дигидрокси-11-оксо-олеан-12-ен-30-оевой кислоты. Этот продукт ранее уже был получен при ферментации 18 $\beta$ -глицирризиновой кислоты *Curvularia lunata* [10]. Также она была ферментирована *Fusarium lini* с получением окисленного метаболита- 3,11-диоксо-олеан-12-ен-30-оевой кислоты, который является полусинтетическим производным 18 $\beta$ -глицирризиновой кислоты [8], ее микробным метаболитом [15], а также был изолирован из *Maytenus undata* [13]. Таким образом, было показано, что биотрансформации подвергаются только функциональные группы агликона 18 $\beta$ -глицирризиновой кислоты. В статье [12] исследована биodeградация сапонинов *Quillaja saponaria* смешанной культурой микроорганизмов рубца. Сапонины инкубировались при 39°C *in vitro* в среде, содержащей жидкость из рубца коровы, откармливаемой грубой пищей. Инкубация в течение 9, 12 и 24 ч уменьшила содержание сапонинов на 16%, 45% и 100% соответственно. В работе [14] изучена биоконверсия стероидных сапонинов в *Dioscorea zingiberensis* грибом *Aspergillus oryzae* с получением диосгенина. Во время биотрансформации гидролизировались сахарные цепи сапонинов и содержание продукта гидролиза (диосгенина) увеличилось в 16 раз за 84 часа брожения. В статье [9] исследовали способность сапонинсодержащей суспензии увеличивать аэробную биodeградацию фенантрена. Эксперименты показали уменьшение содержания кислорода с 20% до 5% в течение 5 дней и, соответственно, 34.4%-ную конверсию начального фенантрена через 8 дней. Таким образом, сапонинсодержащие растительные отходы являются перспективным сырьем для проведения процессов биоконверсии.

Эффективность процесса биоконверсии растительного сырья существенно зависит от состава питательной среды. В связи с этим задачей данного исследования было изучение элементного состава сапонинсодержащих растительных отходов, по результатам которого можно сделать вывод о целесообразности использования растительных отходов в биотехнологическом производстве органических удобрений.

#### **Методики проведения экспериментов**

Объектами исследований являлись сапонинсодержащие растительные отходы производства водного экстракта корней *Saponaria officinalis*.

##### **1) Рентгенофотозлектронная спектроскопия (РФЭС)**

Фотозлектронные спектры были получены с помощью модифицированного электронного спектрометра ЭС 2403 М-Т СКБ АП РАН оснащенного анализатором энергий PNOIBOS-100-MCD (SPECS, Германия) и рентгеновским источником XR-50 (SPECS, Германия). Для возбуждения использовалось характеристическое MgK $\alpha$  излучение ( $h\nu = 1253.6$  эВ) мощностью 100 Вт. Статическая зарядка образца нейтрализовалась потоком низкоэнергетических электронов. Измельченный лиофильно высушенный образец материала был закреплен на предметном столике с помощью двусторонней липкой ленты, помещен в шлюзовую камеру и дегазирован при 1 Па в течении 20 мин. После чего образец был перенесен в высоковакуумную камеру и дегазирован до давления  $1 \cdot 10^{-6}$  Па в течении 1 часа, затем дегазированный образец был перенесен в аналитическую камеру и подвергнут анализу. В ходе эксперимента регистрировался обзорный спектр образца в диапазоне энергий

0-1100 эВ с шагом 0.5 эВ и энергией пропускания анализатора 40 эВ, что соответствует ПШПВ Ag  $3d_{5/2}$  1.4 эВ. Время накопления сигнала 0.5 с.

## 2) Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА)

В работе использовали рентгеновский аналитический спектрометр VRA-30 фирмы Karl Zeiss (Германия) и прибор Elemental analyzer (Китай, CARLO ERBA, MODEL 1106).

### *Результаты и обсуждение*

Результаты РФЭС и РФА исследований представлены на рисунке 1 и в таблице 1.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований возможности биоконверсии растительных отходов, содержащих сапонины, можно сделать следующие выводы.

Растительные отходы, обычно подвергаются эффективной биоконверсии в составе сложной смеси, содержащей торф, навоз, птичий помет и другие органические отходы. В полученную смесь при необходимости вносятся экзогенные ферменты, минеральные вещества, факторы роста. Доля растительных отходов обычно составляет 30 - 50 %.

При использовании продуктов биоконверсии в качестве удобрений и для снижения затрат применяют смеси [2]:

- растительные отходы (30 - 50 %) - навоз (20 - 30 %) - торф (20 - 30 %);
- растительные отходы (30 - 50 %) - навоз (50 - 70 %);
- растительные отходы (30 - 50 %) - птичий помет (50 - 70 %).

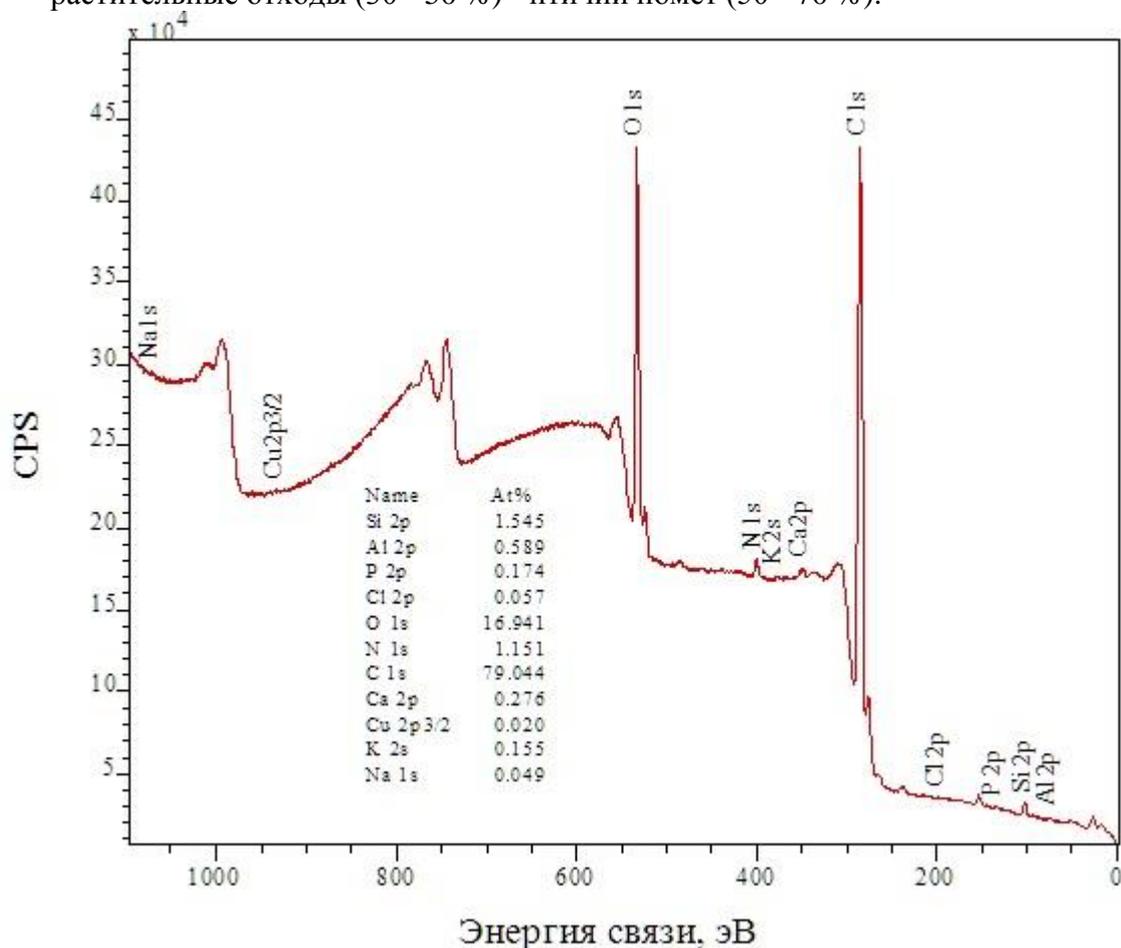


Рис. 1 - Состав образцов растительных отходов по данным РФЭС

Таблица 1 - Результаты элементного анализа образцов шрота *Saponaria officinalis*

Элемент	Результат, % масс.		
	Метод анализа		
	РФА		РФЭС
Азот	1.49	1.44	1.22
Углерод	46.06	46.37	71.76
Водород	6.61	6.52	-
Кислород	43.21	42.97	20.5
Алюминий	0.95	0.89	1.2
Фосфор	0.35	0.45	0.4
Хлор	0.07	0.08	0.16
Калий	0.53	0.6	0.47
Кальций	0.73	0.68	0.82
Медь	-	-	0.08
Натрий	-	-	0.09
Кремний	-	-	3.29

Другие компоненты и экзогенные ферменты обычно не применяются.

Растительные отходы производства водного экстракта сапонинов *Saponaria officinalis* содержат в основном полисахариды, в небольшом количестве белки, липиды и минеральные вещества, а также остаточное количество сапонинов. Исходя из результатов элементного анализа и брутто-формулы белков, углеводов, сапогенина, липидов, можно рассчитать примерное содержание основных химических веществ в растительных отходах: углеводы - 72 - 73 %; липиды - 0.8 - 0.9 %; белки - 8 - 8.5 %; агликаны (сапогенины) - 5 - 6 %.

Тритерпеновые пентациклические сапонины в процессе биоконверсии биодеградируют ступенчато. В первую очередь отщепляются и подвергаются биотрансформации (гидролизу) боковые олигосахаридные цепи (как обычные олиго - и полисахариды). Они являются источником энергии для микроорганизмов. Биотрансформация тритерпенового пентациклического агликана затруднена из-за наличия циклических звеньев и обычно заключается в изменении характера функциональных групп. При этом происходит значительная потеря биологической активности исходного сапонины.

Сапонины, являясь поверхностно-активными веществами, могут положительно влиять на аэробную биодеградацию растительного сырья, особенно при суспензионной технологии биоконверсии.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации за счет средств государственного контракта №16.522.12.2018.

**Список литературы**

1. *Муравьева Д.А., Самылина И.А., Яковлев Г.П.* Фармакогнозия. М.: Медицина, 2002. 656 с.
2. Патент - 2126779 РФ, МПК C05F9/00, A23K1/00. Способ получения кормовой добавки и удобрения из органических отходов / Н.Г. Ковалев, Г.Ю. Рабинович, Э.М. Сульман, С.Л. Пакшвер. - № 98100353/13; Заяв. 20.01.1998; Опубл.: 27.02.1999.
3. *Сушкова В.И., Воробьёва Г.И.* Безотходная конверсия растительного сырья в биологически активные вещества. М.: ДеЛи, 2008. 216 с.
4. *Толстиков Г.А., Балтина Л.А., Толстикова Т.Г., Шульц Э.Э.* Синтетические трансформации высших терпеноидов и алкалоидов (обзор). Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. 2002. № 7, с. 9-20.
5. *Юдина Т.П., Гореньков Э.С., Черевач Е.И., Бабин Ю.В., Баркулова И.С., Сидорова Т.А., Масленникова Е.В.* Исследование процессов экстракции сапонинов из корней мыльнянки *Saponaria officinalis L.* // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007. № 10. С. 21-23.
6. *Юдина Т.П., Сахарова Т.Г., Сахарова О.В., Юферова А.А., Черевач Е.И., Фролова Г.М.* Пищевая безопасность сапонинов корней *Saponaria Officinalis L.* // Известия вузов. Пищевая технология. 2010. №5-6. С. 22-25.
7. *Ali Siddiqui Z.* Biotransformational studies ofn bioactive secondary metabolites of plant origin. Dissertation, Doctor of Philosophy, Pakistan, H.E.J. Institute Research Institute of Chemistry, 2007.
8. *Baran I.S., Langford D.D., Liang C.D., Pitzele B.S.* Synthesis and biological activities of substituted glycyrrhetic acid // Journal of Medical Chemistry. 1974. Vol. 17. PP. 184-191.
9. *Choi Y.J., Kim Y.-J., Nam K.* Enhancement of aerobic biodegradation in an oxygen-limiting environment using a saponin-based microbubble suspension // Environmental Pollution. 2009. Vol. 157. PP. 2197–2202.
10. *Choudhary M.I., Siddiqui Z.A., Nawaz S.A., Rahman A.* Microbial transformation of 18 $\beta$ -glycyrrhetic acid by *Cunninghamella elegans* and *Fusarium lini*, and lipoxygenase inhibitory activity of transformed products // Natural Product Research: Formerly Natural Product Letters. 2009. Vol. 23. Iss. 6. PP. 507-513.
11. *Lindmark-Henriksson M., Isaksson D., Vanek T., Valterová I., Högberg H.-E., Sjödin K.* Transformation of terpenes using a *Picea abies* suspension culture // Journal of Biotechnology. 2004. Vol.107. PP. 173–184.
12. *Makkar H.P.S., Becker K.* Degradation of quillaja saponins by mixed culture of rumen microbes // Letters in Applied Microbiology. 1997. Vol. 25. PP. 243-245.
13. *Muhammad I., El Sayed K.A., Mossa J.S., Al-Said M.S., El-Ferally F.S., Clark A.M., Hufford C.D., Oh S., Mayer A.M.* Bioactive 12-oleanene triterpene and secotriterpene acids from *Maytenus undata* // Journal of natural products. 2000. Vol. 63. Iss. 5. PP. 605-615.
14. *Qi S.-S., Dong Y.-S., Zhao Y.-K., Xiu Z.-L.* Qualitative and Quantitative Analysis of Microbial Transformation of Steroidal Saponins in *Dioscorea zingiberensis* // Chromatographia. 2009. Vol. 69. PP. 865–870.
15. *Yamada Y., Nakamura A., Yamamoto K., Kikuzaki H.* Transformation of Glycyrrhizic Acid by *Aspergillus* spp. // Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. 1994. Vol. 58. Issue 2. PP. 436-437.