

**Розина Лариса Ильинична, в.н.с., к.т.н.,  
Летфуллина Диляра Рамилевна, м.н.с.,  
Пелих Людмила Алексеевна, инженер-исследователь**  
ВНИИПБиВП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова»  
РАН, г. Москва

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОНОСИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОГО УКСУСА**

*Аннотация. В статье приведен обзор современного состояния производства биохимического пищевого уксуса с использованием иммобилизованных УКБ. К основным способам получения биохимического уксуса относятся глубинный и поверхностный (циркуляционный). Глубинный способ основан на принципе культивирования уксуснокислых бактерий непосредственно в аэрируемой среде. Циркуляционный способ культивирования характеризуется тем, что уксуснокислые бактерии закреплены на твердом носителе, а питательная жидкость постоянно циркулирует сверху вниз через носитель. Физиологические и морфологические признаки клеток при иммобилизации подвергаются значительным изменениям. В качестве бионосителя для иммобилизации *Acetobacter aceti* в настоящее время, как правило, используют буковую стружку. К более технологичным носителям можно отнести такие нанoadсорбенты, как цеолит и алюмоадсорбент.*

*Ключевые слова: биохимический пищевой уксус, иммобилизация клеток, бионоситель.*

**Rosina Larisa Ilinichna, Leading Researcher, Candidate of Technical Science,  
Letfullina Dilyara Ramilevna, Junior Researcher,  
Pelikh Lyudmila Alekseevna, Research Engineer**

All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry – branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

## **USE OF DIFFERENT NATURE BIO-CARRIER FOR FOOD VINEGAR PRODUCTION**

*Annotation. The article provides an overview of current state of biochemical food vinegar production using immobilized acetic acid bacterium (AAB). The main methods of obtaining biochemical vinegar are depth and superficial (circulating). The depth method is based on principle of acetic acid bacterium cultivation directly in aerated medium. The circulation cultivation method is characterized by fact that acetic acid bacterium is fixed on solid carrier, and nutrient fluid constantly circulates from*

*top to bottom through the carrier. Physiological and morphological signs of cells during immobilization undergo significant changes. As a bio-carrier for Acetobacter aceti immobilization now, as a rule, uses beech shavings. Such nanoadsorbents, such as zeolite and aluminum adsorbent, can be referred to more technological carriers.*

*Key words: biochemical food vinegar, cell immobilization, bio-carrier.*

Пищевой уксус широко применяется в производстве пищевой продукции. Для получения особых видов натурального уксуса сегодня применяют специальное сырье, по которому и называют конечный продукт, например, винный, солодовый, яблочный, кокосовый, медовый, из тропических фруктов и др. уксусы [1-10].

К основным способам получения биохимического уксуса относятся глубинный и циркуляционный (поверхностный) [11,12]. Глубинный способ основан на принципе культивирования уксуснокислых бактерий непосредственно в аэрируемой среде. Поверхностный способ культивирования характеризуется тем, что уксуснокислые бактерии закреплены на твердом носителе, а питательная жидкость постоянно циркулирует сверху вниз через бионоситель.

Оценивая физиологическую и метаболическую активность клеток в иммобилизованном состоянии, можно отметить, что иммобилизация, как правило, приводит к повышению стабильности клеток микроорганизмов. Клетки находятся в активном состоянии более продолжительное время, расширяется диапазон рН и температурных пределов их функционирования, повышается устойчивость клеток к негативным воздействиям окружающей среды, ингибирование клеток происходит более высокими концентрациями образованных продуктов по сравнению со свободными.

Иммобилизация также влияет на ферментативную активность, скорость размножения, интенсивность биохимических процессов. Это влияние может также улучшать свойства микроорганизмов, как сорбентов [13].

Еще в 70-х годах прошлого столетия начали появляться публикации, касающиеся иммобилизации микроорганизмов. Примеры иммобилизованных клеток можно найти в природе (прикрепленная микрофлора почв, водоемов и т.д.).

Иммобилизации могут подвергаться клетки в различных состояниях, однако многостадийные процессы, происходящие с участием различных ферментов и таких коферментов, как АТФ, НАД, НАДФ, ФАД, осуществляются только живыми клетками.

Большой интерес к иммобилизованным клеткам связан с тем, что они более стабильны, технологичны по сравнению со свободными клетками, продукты, полученные с применением биореакторов с иммобилизованными клетками, легче отделяются от катализатора. Более высокая активность и стабильность иммобилизованных клеток связана с тем, что ферменты в клетках микроорганизмов находятся в естественном окружении и потому их нативная стерическая организация сохраняется. Иммобилизация клеток микроорганизмов дает возможность осуществлять непрерывный процесс без изменения генетической природы клеток, а в некоторых случаях позволяет постоянно отделять продукт и удалять ингибирующие вещества [14].

Различают физические, химические и механические методы иммобилизации клеток. К физическим методам относятся адсорбция и агрегация. Иммобилизация микробных клеток методом сорбции уже более 100 лет применяется в процессах сбраживания углеводов до этанола, окисления этанола до ацетата и др.

В качестве адсорбентов могут быть использованы различные органические и неорганические носители - различные полимеры, керамика, глины. Развитие полимерной химии на современном этапе позволяет обоснованно модифицировать или целенаправленно синтезировать пористые сорбенты с заданной проницаемостью, гидрофильностью и набором определенных функциональных групп на поверхности, отличающиеся высокой химической стойкостью и достаточной для проведения термической стерилизации термостойкостью.

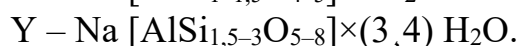
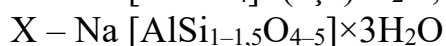
В настоящее время в качестве бионосителя для иммобилизации *Acetobacter acetii*, как правило, используют буковую стружку.

Длительное использование стружки приводит к загрязнению уксуса взвешью, образующимися от разбухшей стружки. Это увеличивает стоимость очистки готового продукта. К более технологичным носителям можно отнести такие нано адсорбенты, как цеолиты, применяемые в химической промышленности. Цеолиты кроме того используются при очистке питьевой и технологической воды в пищевой и бродильной промышленности, а также для осветления соков, напитков и виноматериалов [15]. Предложен способ производства натурального биохимического уксуса, в котором в качестве носителя используют алюмоадсорбент и цеолит [16].

По структурно-химической классификации цеолиты относятся к каркасным алюмосиликатам щелочных и щелочноземельных элементов, отличающиеся регулярной структурой пор, которые в обычных условиях заполнены водой. Цеолиты обладают уникальными свойствами. Это микропористые кристаллические вещества. Кристалличность обеспечивает механическую и химическую стабильность цеолитов, одинаковый и контролируемый размер пор, каналов, полостей. Это свойство определяет использование цеолитов в качестве молекулярных сит, адсорбентов, детергентов [17].

В природе цеолиты распространены достаточно широко. Их образование связано с реакциями гидротермального синтеза.

К началу семидесятых годов прошлого века достаточно широкое распространение получили синтетические цеолиты. Из множества искусственных цеолитов на практике широкое применение находят три:



Цеолит типа А не имеет природных аналогов, Х и Y близки фожазиту. На рисунке представлены структуры, составленные из кубооктаэдров в цеолитах типа А и Х.

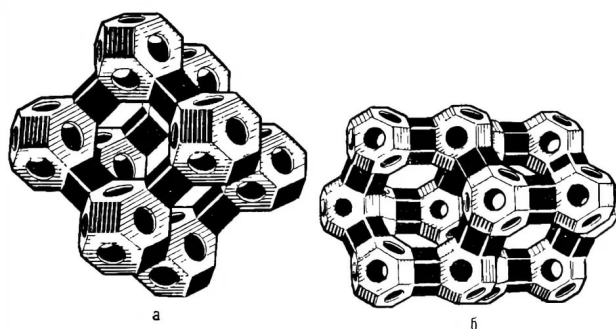


Рисунок 1 – Строение адсорбционных областей синтетических цеолитов:  
а) типа А и б) типа Х

Цеолиты типа Х имеют достаточно широкие входные окна и адсорбируют подавляющее большинство компонентов сложных смесей.

Во ВНИИПБиВП проводятся исследования по использованию бионосителей различной природы для иммобилизации *Acetobacter aceti* при производстве уксуса из пивных диализатов.

#### Список литературы

1. Бродильные производства. Т. 1 / Пер. М. И. Вольшанского; под ред. канд. техн. наук И. Фертмана. - М.: Пищепромиздат, 1959. - 453 с.
2. Zhang Baoshan. Технология получения уксуса брожением с использованием поврежденных и дефектных плодов китайского финика / Zhang Baoshan, Chen Jinping, Li Dongmei // *Nongye gongcheng xuebao Trans. Chin. Soc. Agr. Eng.* – 2004. – Т. 20(2). - С. 213-216.
3. Solieri L. *Vinegars of the World* / L. Solieri, P. Giudici. – Milan: Springer-Verlag, 2009. – 297 p.
4. Liu Yuemei. Оптимизация параметров уксуснокислого брожения для производства уксуса из хурмы / Liu Yuemei, Bai Weidong, Lu Zhoumin, Zheng Hao // *Nongye gongcheng xuebao Trans. Chin. Soc. Agr. Eng.* – 2008. – Т. 24.
5. Ji Xin. Ультрафильтрационная обработка персикового уксуса / Ji Xin, Wang Kun-peng, Zhang Lijuan, Zhang Lin. // *Huaxue yanjiu=Chem.Res.* – 2005. – Т. 16(3). - С. 65-66.
6. Патент № 2552889 RU, МПК C12J 1/04. Способ производства облепихового уксуса / Баташов Е.С., Севедин В.П.; заявитель и патентообладатель ООО «Биотехнологии переработки облепихи». - № 2013157234/10, заявл. 23.12.2013; опубл. 10.06.2015. - Бюл. №16.
7. Ламберова А.А. Исследование влияния состава питательной среды на эффективность роста и образования облепихового пищевого уксуса бактериями *Acetobacter Aceti* / А.А. Ламберова, Ю.А. Кошелев, М.Э. Ламберова // *Ползуновский вестник.* – 2008. – № 1-2. – С.78-81.
8. Mueller Catherine, Mueller Barbara (Becer, Konrad Aeschenvorstadt 24 Postfach 3184010 Basel. Уксус из морошки. Gloudberry vinegar № 05112903.9, заявл. 23.12.2005; опубл. 27.06.2007.

9. Панасюк А.Л. Технологические режимы для получения уксуса из пивных диализатов/ А.Л. Панасюк, Е.И. Кузьмина, К.В. Кобелев, Л.И. Розина, Д.Р. Летфуллина //Пищевые системы (Food systems). –2018, том 1, –№ 1, –С. 4-12 / DOI 10.21323/2618-9771-2018-1-1-4-12
10. Панасюк А.Л. Технологические режимы получения уксуса из пивных диализатов/ А.Л. Панасюк, Е.И. Кузьмина, Л.И. Розина, Д.Р. Летфуллина //Актуальные вопросы индустрии напитков. –2018. –№ 2. –С.104-107 / DOI 10.21323/978-5-6041190-3-7-2018-2-104-107
11. Галкина Г.В. Современные способы производства биохимического уксуса / Г.В. Галкина, В.И. Илларионова, Е.В. Куксова, Г.С. Волкова, Е.В. Горбатова // Тезисы научной конференции. – Углич, 2006.
12. Галкина Г.В. Получение пищевого уксуса с использованием спиртосодержащих отходов и вторичных ресурсов / Г.В. Галкина, В.И. Илларионова, Е.В. Куксова, Г.С. Волкова, Е.В. Горбатова // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2006. – № 4. – С. 34-35.
13. Белясова Н.А. Биохимия и молекулярная биология / Н.А. Белясова. – Минск: БГТУ, 2002. – 416 с.
14. Оценка физиологической и метаболической активностей клеток в имобилизованном состоянии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://megapredmet.ru/1-18686.html>
15. Пушмина И.Н. Использование цеолитов в производстве напитков / И.Н. Пушмина, С.И. Хорунжина, Л.В. Пермьякова // Пиво и напитки. –2009. – № 35. – С. 18-20.
16. Патент № 2483104 RU, МПК С12J 1/00. Способ производства натурального биохимического уксуса / А.А. Ламберова, М.Э. Ламберова; патентообладатель А.А. Ламберов. - № 2010145626/10; заявл. 09.11.2010
17. Бушуев Ю.Г. Цеолиты. Компьютерное моделирование цеолитных материалов / Ю.Г. Бушуев; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. - Иваново, 2011. - 104 с.