

# БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОВОЩНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ НАПРАВЛЕННОГО ФЕРМЕНТИРОВАНИЯ МОЛОЧНОКИСЛЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ

## BIOTECHNOLOGICAL TRANSFORMATION OF VEGETABLE RAW MATERIALS DURING IN THE DIRECTED FERMENTATION WITH LACTIC ACID MICROORGANISMS

Глазков С.В., ведущий научный сотрудник,  
Лаборатория качества и безопасности пищевой продукции  
+7 (926) 314-12-80, s.glazkov@outlook.com

Копцев С.В., научный сотрудник,  
Лаборатория качества и безопасности пищевой продукции  
Самойлов А.В., заместитель директора по инновациям,  
кандидат биологических наук,  
Лаборатория качества и безопасности пищевой продукции  
+7 (905) 501-16-65, molgen@vniitek.ru

Glazkov S.V.,  
Koptsev S.V.,  
Samoylov A.V.

All Russian Research Institute of Canning Technology –  
Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for  
Food Systems of RAS. (VNIITeK – Branch of V.M. Gorbatov  
Research Center for Food Systems of RAS)  
142703, Russia, Moscow oblast,  
Vidnoe, Shkolnaya str., 78  
+7 (495) 541-08-92, vniitek@vniitek.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (ВНИИТЭК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)  
142703, Россия, Московская область, г. Видное, ул. Школьная, 78  
+7 (495) 541-08-92, vniitek@vniitek.ru

В статье рассмотрены возможности использования трансформации овощного сырья при использовании молочнокислых организмов в процессах ферментирования. Авторы указывают, что в технологии переработки овощей и технической литературе широко применяют такие термины, как соленые, моченые и квашеные фрукты и овощи. В консервной промышленности широко распространено соленье огурцов, томатов, квашение капусты и свеклы, мочение арбузов и яблок. Обсеменение свежих огурцов молочнокислыми микроорганизмами составляет в среднем всего 3-6%, а свежей капусты от 5 до 20% от общего числа микроорганизмов. Значительное место в эпифитной микрофлоре занимают гнилостные микроорганизмы и микроорганизмы рода *Coli aerogenes*. Обсеменение овощей микрофлорой значительно возрастает в процессе их хранения. В результате исследований был получен вывод о том, что общее число микроорганизмов на огурцах, которые хранили более суток, увеличилось в 20-60 раз, а на капусте с истекшим сроком годности капусте в 3-4 раза. В статье показано, что использование процессов ферментирования является одним из самых популярных и известных способов сохранения овощей и фруктов от микробиологической порчи. Этот способ относится к микробиологическим методам консервирования, который основан на превращении сахаров, содержащихся в овощах и фруктах, в молочную кислоту под действием молочнокислых бактерий, изначально находящихся на поверхности перерабатываемого сырья. Задачей исследований являлось изучение процесса направленного ферментирования капусты белокочанной сорта Слава с использованием штаммов молочнокислых микроорганизмов и их консорциумов с учётом степени их взаимного влияния.

**Ключевые слова:** молочнокислое брожение, процесс, биотехнологическая трансформация, ферментация овощей, штаммы молочнокислых микроорганизмов.

**Для цитирования:** Глазков С.В., Копцев С.В., Самойлов А.В. БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОВОЩНОГО СЫРЬЯ В ПРОЦЕССЕ НАПРАВЛЕННОГО ФЕРМЕНТИРОВАНИЯ МОЛОЧНОКИСЛЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ. Овощи России. 2018;(2):76-79. DOI:10.18619/2072-9146-2018-2-76-79

*The article reflects the possibility of using the transformation of raw materials of vegetable type when using lactic acid organisms by the process of fermentation. The authors point out that such terms as salted, soaked and sauerkraut fruits and vegetables are widely used in vegetable processing technology and technical literature. In the canning industry there is a widespread salting cucumbers, tomatoes, pickled cabbage and beets, pickled watermelon and apples. The contamination of fresh cucumbers with lactic acid microorganisms is on average only 3-6%, and fresh cabbage from 5 to 20% of the total number of microorganisms. A significant place in the epiphytic microflora is occupied by putrefactive microorganisms and microorganisms of the genus *Coli aerogenes*. Contamination of vegetables microflora increases significantly during storage. As a result of the research, it was concluded that the total number of microorganisms on cucumbers that were stored for more than a day increased by 20-60 times and on cabbage with expired cabbage by 3-4 times. The article shows that the use of fermentation is one of the most popular and well-known ways to preserve fruits and vegetables from spoilage. This method relates to microbiological methods of preservation, which is based on the transformation of sugars contained in vegetables and fruits, lactic acid under the action of lactic acid bacteria, initially located on the surface of the processed raw materials. The task of the research was to study the process of directed fermentation of cabbage of white-leaved variety Slava, using strains of lactic acid microorganisms and their consortia, taking into account the degree of their mutual influence.*

**Keywords:** lactic acid fermentation, process, biotechnological transformation, fermentation of vegetables, strains of lactic acid microorganisms.

**For citation:** Glazkov S.V., Koptsev S.V., Samoylov A.V. BIOTECHNOLOGICAL TRANSFORMATION OF VEGETABLE RAW MATERIALS IN THE PROCESS OF DIRECTED FERMENTATION WITH LACTIC ACID MICROORGANISMS. Vegetable crops of Russia. 2018;(2):76-79. (In Russ.) DOI:10.18619/2072-9146-2018-2-76-79

### Актуальность

В технологии хранения и переработки и технической литературе широко применяют такие термины, как солёные, мочёные и квашеные фрукты и овощи [5]. В консервной промышленности широко распространено солёные огурцы, томаты, квашение капусты и свеклы, мочение арбузов и яблок. С точки зрения биохимических процессов, происходящих в процессе солёного и квашения, как методами консервирования, принципиальной разницы нет, так как в том и в другом случае консервантами являются молочная кислота, вырабатываемая в процессе молочнокислого брожения [8] и хлорид натрия (поваренная соль), вносимая на начальной стадии. Именно эти процессы и вызывают биотехнологическую трансформацию овощного сырья [8].

Соль, используемая при засолке и квашении овощей, вызывает плазмолиз растительных клеток, в результате чего происходит вытекание клеточного сока, с выделением углеводов, что приводит к утрате жизнеспособности клеток, вследствие чего в них прекращаются все биохимические процессы гидролитического и окислительного характера, свойственные живым клеткам [10]. Также в данных условиях полностью прекращается или значительно подавляется жизнедеятельность большинства патогенных микроорганизмов (гнилостных микроорганизмов, дрожжей и плесеней), действие которых в обычных условиях приводит к порче овощей.

### Материалы и методы

Инициаторами молочнокислого брожения являются различные виды молочнокислых микроорганизмов, среди которых главное место занимают виды *B. cucumeris fermentati*, *B. brassicae fermentati*, *B. acidilactici*. По данным [3], кроме них, в квашеных овощах встречаются также *B.*

*beyerinckii*, *B. cuntheri* v. *inactiva*, *B. ventricoccus*, *B. listeri*, *B. brassicae acidiae*, *B. leichmanni*, *B. hayduki*, *B. opacus* и некоторые другие.

Вышеперечисленные виды молочнокислых микроорганизмов различаются по интенсивности кислотообразования и условиям развития. Одни из них выделяют газы, другие превращают углеводы (сахарозу, глюкозу) в молочную кислоту без образования газов. Некоторые микроорганизмы вырабатывают органические вещества (сложные эфиры). В огурцах встречается длинная палочка *B. Abderhaldi*, которая вызывает ослизнение рассола, повышает его вязкость [4].

Овощи подвергают солёному и квашению, используя в основном самопроизвольное брожение, т. е. брожение, возбудителем которого является вся эпифитная (дикая, нативная) микрофлора овощей.

Следовательно, в процессе брожения принимают участие не только молочнокислые микроорганизмы, но и ряд других – дрожжи, маслянокислые и уксуснокислые микроорганизмы, микроорганизмы группы *Coli aerogenes* и другие [2].

В случае доступа кислорода воздуха на поверхности неправильно закрытых емкостей возможно развитие дрожжей и плесеней, которые в дальнейшем потребляя молочную кислоту, нейтрализуют рассол и приводят к размягчению продукта. Плесневые грибы и дрожжи на всех стадиях брожения вызывают образование нежелательного привкуса, запаха. Такое действие может быть значительно снижено за счет исключения контакта овощей с воздухом путем погружения их в собственный сок или рассол. Эффективное угнетающее воздействие на нежелательное развитие дрожжей и плесеней оказывают соли сорбиновой и бензойной кислот.

### Результаты и обсуждение

Насколько разнообразна и велика обсемененность овощей эпифитной микрофлорой, можно судить по данным исследований, приведенным в таблице 1.

Обсемененность свежих огурцов молочнокислыми микроорганизмами составляет в среднем всего 3-6%, а свежей капусты – от 5 до 20% от общего числа микроорганизмов [7]. Значительное место в эпифитной микрофлоре занимают гнилостные микроорганизмы и микроорганизмы рода *Coli aerogenes*. Обсеменение овощей микрофлорой значительно возрастает при их хранении. Как видно из данных таблицы 1, общее число микроорганизмов на огурцах, пролежавших более суток, увеличилось в 20-60 раз и на капусте с истекшим сроком годности – в 3-4 раза.

Вследствие большого разнообразия эпифитной микрофлоры процесс самопроизвольного брожения принимает весьма сложный характер, так как при этом образуются продукты жизнедеятельности всех участвующих в брожении микроорганизмов. Если все же при солёном и квашении овощей преобладает молочнокислое брожение, то это является результатом воздействия человека на его направленность, результатом избирательной способности самих микроорганизмов и изменения pH среды вследствие образования молочной кислоты.

Как описывалось выше, основой биотехнологической трансформации овощного сырья является молочнокислое брожение, которое вызывают молочнокислые микроорганизмы.

Молчнокислые микроорганизмы представляют собой группу грамположительных микроорганизмов, анаэробов, не спорообразующих, кокков или палочек, которые производят молочную кислоту в качестве основного конечного продукта ферментации углеводов.

Таблица 1. Обсемененность овощей эпифитной микрофлорой  
Table 1. Contamination of vegetables with epiphytic microflora

Состав эпифитной микрофлоры	Содержание			
	В огурцах		В капусте	
	свежих	пролежавших более суток	свежей, хорошего качества	Ухудшенного, плохого качества
Общее число микроорганизмов в 1 г продукта	50-900,5 тыс.	3-20 млн.	100-500 тыс.	0,8-1,6 млн.
Молчнокислые микроорганизмы	3-25 тыс.	0,1-2,5 млн.	5-100 тыс.	8-500 тыс.
Гнилостные микроорганизмы по массе	1-8 тыс.	20-200 тыс.	1-27 тыс.	14-400 тыс.
Микроорганизмы, выделяющие сероводород	нет	6-25 клеток	до 20 бакт.	25-200 бакт.
Микроорганизмы <i>Coli aerogenes</i>	6-100 тыс.	25-200 тыс.	60-250 бакт.	1-25 тыс.
Маслянокислые микроорганизмы	нет	2-25 клеток	2-25 бакт.	30-100 бакт.
Уксуснокислые микроорганизмы	—	—	нет	до 20 бакт.
Дрожжи	5-25 шт.	10-50 шт.	1-3 тыс.	5-30 тыс.

Молочнокислые микроорганизмы в процессе своей жизнедеятельности осуществляют превращение углеводов в молочную кислоту, двуокись углерода и другие органические кислоты – без потребления кислорода. Некоторые микроорганизмы из данного семейства только производят молочную кислоту, в то время как другие производят молочную кислоту, другие летучие соединения и небольшие количества алкоголя.

Все молочнокислые микроорганизмы являются неподвижными грамположительными палочками, которые используют сложные углеводные субстраты в качестве источника энергии. Молочная кислота, образующаяся в процессе жизнедеятельности данных микроорганизмов, эффективна в ингибировании роста других микроорганизмов, которые могут вызывать порчу. Несмотря на то, что вся группа микроорганизмов именуется «молочнокислые микроорганизмы», может показаться, что реакции, которые они осуществляют при ферментации овощей, однообразны и просты. Это далеко от истины. Молочнокислые микроорганизмы представляют собой разнородную группу организмов с разнообразными метаболическими мощностями. Это разнообразие делает их хорошо адаптируемыми к различным условиям и в значительной степени ответственными за успех в ферментации пищевых продуктов.

Молочнокислые микроорганизмы принадлежат к двум основным группам – гомоферментным и гетероферментным. При этом пути образования молочной кислоты отличаются друг от друга. Гомоферментные микроорганизмы производят в основном молочную кислоту через гликолитический путь. Гетероферментные производят молочную кислоту, а также значительные количества этанола, уксусной кислоты и диоксида углерода при помощи 6-фосфоглюконатного/фосфокетотазонного пути [9].

Микроорганизмы, участвующие в ферментации овощей, отличаются по своим оптимальным требованиям к pH для своей жизнедеятельности. Большинство микроорганизмов предпочитают условия, близкие к нейтральным значениям pH, но некоторые микроорганизмы являются «кислототерпимыми» и выживают при пониженных уровнях pH.

Различные микроорганизмы могут переносить различные температуры, что обеспечивает огромные возможности для диапазона ферментации. В то время как большинство микроорганизмов имеют температурный оптимум от 20 до 30°C, есть некоторые (термофилы), которые предпочитают более высокие температуры (от 50 до 55°C) и более низкие температуры (от 15 до 20°C). Однако для большинства молочнокислых микроорганизмов температурные оптимумы варьируют от 18 до 22°C [1].

Молочнокислые микроорганизмы устойчивы к высоким концентрациям хлоридов. Эта устойчивость дает им преимущество перед другими, менее терпимыми к соли видами микроорганизмов и позволяет им начать обмен веществ, при котором образуется молочная кислота, которая в свою очередь ингибирует рост нежелательных микроорганизмов.

Все микроорганизмы, участвующие в процессе ферментации, требуют источника питательных веществ для обмена веществ. Питательными веществами служат моно- и дисахариды, такие как сахароза, глюкоза и фруктоза или полисахариды, такие как крахмал или целлюлоза. Энергетические потребности микроорганизмов очень высоки, а ограничение количества необходимого доступного субстрата может существенно повлиять на их рост и на весь процесс ферментации.

Процесс биотехнологической трансформации овощного сырья, как правило, проходит с участием консорциума микроорганизмов, при этом молочнокислые микроорганизмы

являются основной группой организмов, участвующих в процессе ферментации. После добавления соли в измельчённое сырьё (капуста) или добавления соленого рассола непосредственно (в случае ферментации огурцов), происходит выделение сока, который содержит сахара и другие питательные вещества, пригодные для микробной активности. Первыми микроорганизмами, которые начинают размножаться, являются газообразующие кокки (*L. mesenteroides*). Эти микроорганизмы вырабатывают кислоты до достижения кислотности 0,25-0,3% (в расчете на молочную кислоту), что приводит к замедлению роста *L. mesenteroides* с последующим отмиранием, хотя их ферменты продолжают функционировать. После этого в процесс ферментации вступают *L. plantarum* и *L. cucumeris* до тех пор, пока уровень кислотности не достигнет 1,5-2%. Высокая концентрация соли и низкие температуры ингибируют рост и развитие этих микроорганизмов. Наконец, продолжает брожение, в результате чего кислотность достигает уровня 2-2,5%, таким образом, завершая брожения [5,6].

Конечными продуктами нормально брожения являются молочная кислота наряду с меньшим количеством уксусной и пропионовой кислот, смесь газов, из которых углекислый газ является основным, небольшое количество спирта и смеси ароматических эфиров, определяющие, в конечном итоге, характерный вкус и аромат солено-квашеной продукции. Кислотность помогает контролировать рост гнилостных микроорганизмов и способствует длительному сроку хранения продукта. Изменения в последовательности жизнедеятельности микроорганизмов, или присутствие нежелательных микроорганизмов, изменяют вкус и качество продукта (табл. 2-3).

Для того чтобы получить ферменти-

Таблица 2. Характеристика таксономических групп гомоферментативных молочнокислых бактерий  
Table 2. Characteristics of taxonomical homofermentative lactic acid bacteria groups

Род и подрод бактерий	Морфология и особенности деления клеток	Молярное содержание ГЦ в ДНК, %	Конфигурация молочной кислоты	Наиболее распространенные виды
Род <i>Streptococcus</i>	сферические или овальные клетки; делятся в одной плоскости, в результате образуются пары или цепочки клеток	33-44	D	<i>S. faecalis</i> <i>S. lactis</i>
Род <i>Pediococcus</i>	кокки; делятся в двух плоскостях, в результате образуются тетрады клеток	33-44	DL	<i>P. cerevisiae</i>
Род <i>Lactobacillus</i> Подрод <i>Thermobacterium</i> Подрод <i>Streptobacterium</i> *	палочки; делятся в одной плоскости, образуют пары или цепочки клеток	35-51 32-46	L D D DL DL L	<i>L. delbrückii</i> <i>L. bulgaricus</i> <i>L. lactis</i> <i>L. jensenii</i> <i>L. plantarum</i> <i>L. casei</i>

\* Виды, относящиеся к этому подроду, расщепляют пентозы по окислительному пентозофосфатному пути, осуществляя гетероферментативное молочнокислое брожение. Поэтому они не являются облигатно гомоферментативными молочнокислыми бактериями.



Таблица 3. Характеристика таксономических групп гетероферментативных молочнокислых бактерий  
Table 3. Characteristics of taxonomical heterofermentative lactic acid bacteria groups

Род и подвид бактерий	Морфология и особенности клеточного деления	Молекулярное содержание ГЦ в ДНК, %	Конфигурация молочной кислоты	Наиболее распространенные виды
Род <i>Leuconostoc</i>	сферические или чечевицеобразные клетки; делятся в одной плоскости, в результате образуются цепочки	38—44	D	<i>L. mesenteroides</i> <i>L. lactis</i>
Род <i>Lactobacillus</i> Подвид <i>Betabacterium</i>	палочки; делятся в одной плоскости	37—53	DL	<i>L. fermentum</i> <i>L. brevis</i> <i>L. buchneri</i>

\*\* Характеристика представителей подрода *Streptobacterium* приведена в таблице 2

рованные овощи стабильного качества, используют закваски, аналогичные тем, которые используют в молочной промышленности. Мало того, что закваски обеспечивают стабильное качество конечного продукта, они ускоряют процесс брожения. Используемые закваски имеют, как правило, кислую pH, они ингибируют нежелательные микроорганизмы на начальных стадиях ферментации. Поскольку эти микроорганизмы живут только в течение короткого времени (достаточно долго, чтобы инициировать процесс подкисления), они не нарушают естественную последовательность развития микроорганизмов, участвующих в процессе ферментации. Характеристика представителей подрода *Streptobacterium* приведена в таблице 3.

### Заключение

Для получения сравнительных результатов все эксперименты проводили на модельных средах. Представлены результаты изучения динамики изменения качественных показателей в процессе направленного ферментирования с использованием штаммов молочнокислых микроорганизмов, в том числе и их консорциумов. Разработаны математические модели, адекватно описывающие степень деструкции глюкозы и фруктозы в процессе ферментации. Исходное сырьё подвергали гомогенизации и стерилизации с целью создания оптимальных условий для развития целевой микрофлоры и определения степени деструкции фруктозы и глюкозы различными штаммами микроорганизмов. Установлено, что использование консорциума молочнокислых микроорганизмов (*L.plantarum*+*L.casei*) для дан-

ной культуральной среды нецелесообразно. Добавление фруктозы в количестве 0,5% от массы модельной среды позволяет значительно интенсифицировать процесс ферментирования капусты белокочанной.

Чистые культуры *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus cerevisiae*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, а также их комбинации (например, *Lactobacillus brevis* + *Leuconostoc mesenteroides* и др.), испытанные при брожении капусты, огурцов, перца, зеленых томатов, способствовали быстрому снижению pH, значительному накоплению молочной кислоты при низком содержании уксусной кислоты, резко уменьшали количество нежелательной микрофлоры. При этом отмечали улучшение органолептических свойств готовой продукции, в частности вкуса и цвета.

### Литература

1. Achi OK. Microorganisms associated with natural fermentation of Prosopis africana seeds for the production of okpeye. Plant Foods Hum Nutr. 1992;42(4):297-304. doi:10.1007/BF02194090.
2. Bernalier A, Fonty G, Gouet P. Fermentation Properties of Four Strictly Anaerobic Rumen Fungal Species: H<sub>2</sub>-Producing Microorganisms. In: Billaud J-P, Bruschi M, Garcia J-L, eds. Microbiology and Biochemistry of Strict Anaerobes Involved in Interspecies Hydrogen Transfer. Boston, MA: Springer US; 1990:361-364. doi:10.1007/978-1-4613-0613-9\_34.
3. Beuvink JMW, Spoelstra SF. Interactions between substrate, fermentation end-products, buffering systems and gas production upon fermentation of different carbohydrates by mixed rumen microorganisms in vitro. Appl Microbiol Biotechnol. 1992;37(4):505-509. doi:10.1007/BF00180978.
4. Binod P, Sindhu R, Pandey A. The Alcohol Fermentation Step: The Most Common Ethanologenic Microorganisms Among Yeasts, Bacteria and Filamentous Fungi. In: Faraco V, ed. Lignocellulose Conversion: Enzymatic and Microbial Tools for Bioethanol Production. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013:131-149. doi:10.1007/978-3-642-37861-4\_7.
5. GOST 28322-2014 Processed fruits, vegetables and mushrooms. Terms and definitions
6. Deaschel M.A., Fleming H.P. Selection of lactic acid bacteria for use in vegetable fermentations // Food fermentation laboratory. U.S Department of Agricultural Research Service.
7. Kristek S., Beslo D. Effect of starter cultures *L. mesenteroides* and *L. lactis* ssp. *Lactis* on sauerkraut fermentation and quality// Czech J. Food Sci. – 2004/ - Vol. 22No. 4: 125-132.
8. Ni H, Li L, Li H-H. Tourmaline ceramic balls stimulate growth and metabolism of three fermentation microorganisms. World J Microbiol Biotechnol. 2008;24(5):725-731. doi:10.1007/s11274-007-9529-x.
9. Patnaik PR. Dependence of process variables on fermentation parameters during start-up of a continuous flow reactor with recombinant microorganisms. Biotechnol Tech. 1993;7(2):137-142. doi:10.1007/BF00157385.
10. Petrova M, Koprinkova P, Patarinska T. Neural network modelling of fermentation processes. Microorganisms cultivation model. Bioprocess Eng. 1997;16(3):145-149. doi:10.1007/s004490050301.
11. Potter NN, Hotchkiss JH. Fermentation and Other Uses of Microorganisms. In: Food Science: Fifth Edition. Boston, MA: Springer US; 1995:264-278. doi:10.1007/978-1-4615-4985-7\_12.
12. Rabinovich GY, Fomicheva N.V. Development of carbon-transforming microorganisms in express fermentation processes with the use of food wastes. Russ Agric Sci. 2007;33(3):166-168. doi:10.3103/S1068367407030093.
13. Shay LK, Hunt HR, Wegner GH. High-productivity fermentation process for cultivating industrial microorganisms. J Ind Microbiol. 1987;2(2):79-85. doi:10.1007/BF01569506.

### References

1. Achi OK. Microorganisms associated with natural fermentation of Prosopis africana seeds for the production of okpeye. Plant Foods Hum Nutr. 1992;42(4):297-304. doi:10.1007/BF02194090.
2. Bernalier A, Fonty G, Gouet P. Fermentation Properties of Four Strictly Anaerobic Rumen Fungal Species: H<sub>2</sub>-Producing Microorganisms. In: Billaud J-P, Bruschi M, Garcia J-L, eds. Microbiology and Biochemistry of Strict Anaerobes Involved in Interspecies Hydrogen Transfer. Boston, MA: Springer US; 1990:361-364. doi:10.1007/978-1-4613-0613-9\_34.
3. Beuvink JMW, Spoelstra SF. Interactions between substrate, fermentation end-products, buffering systems and gas production upon fermentation of different carbohydrates by mixed rumen microorganisms in vitro. Appl Microbiol Biotechnol. 1992;37(4):505-509. doi:10.1007/BF00180978.
4. Binod P, Sindhu R, Pandey A. The Alcohol Fermentation Step: The Most Common Ethanologenic Microorganisms Among Yeasts, Bacteria and Filamentous Fungi. In: Faraco V, ed. Lignocellulose Conversion: Enzymatic and Microbial Tools for Bioethanol Production. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013:131-149. doi:10.1007/978-3-642-37861-4\_7.
5. GOST 28322-2014 Processed fruits, vegetables and mushrooms. Terms and definitions
6. Deaschel M.A., Fleming H.P. Selection of lactic acid bacteria for use in vegetable fermentations // Food fermentation laboratory. U.S Department of Agricultural Research Service.
7. Kristek S., Beslo D. Effect of starter cultures *L. mesenteroides* and *L. lactis* ssp. *Lactis* on sauerkraut fermentation and quality// Czech J. Food Sci. – 2004/ - Vol. 22No. 4: 125-132.
8. Ni H, Li L, Li H-H. Tourmaline ceramic balls stimulate growth and metabolism of three fermentation microorganisms. World J Microbiol Biotechnol. 2008;24(5):725-731. doi:10.1007/s11274-007-9529-x.
9. Patnaik PR. Dependence of process variables on fermentation parameters during start-up of a continuous flow reactor with recombinant microorganisms. Biotechnol Tech. 1993;7(2):137-142. doi:10.1007/BF00157385.
10. Petrova M, Koprinkova P, Patarinska T. Neural network modelling of fermentation processes. Microorganisms cultivation model. Bioprocess Eng. 1997;16(3):145-149. doi:10.1007/s004490050301.
11. Potter NN, Hotchkiss JH. Fermentation and Other Uses of Microorganisms. In: Food Science: Fifth Edition. Boston, MA: Springer US; 1995:264-278. doi:10.1007/978-1-4615-4985-7\_12.
12. Rabinovich GY, Fomicheva N.V. Development of carbon-transforming microorganisms in express fermentation processes with the use of food wastes. Russ Agric Sci. 2007;33(3):166-168. doi:10.3103/S1068367407030093.
13. Shay LK, Hunt HR, Wegner GH. High-productivity fermentation process for cultivating industrial microorganisms. J Ind Microbiol. 1987;2(2):79-85. doi:10.1007/BF01569506.