

УДК 635.63:581.192.7

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДЕСТРУКЦИИ ФРУКТОЗЫ В ПРОЦЕССЕ НАПРАВЛЕННОГО ФЕРМЕНТИРОВАНИЯ ОГУРЦОВ

**Кондратенко В.В.**<sup>1</sup> – к.т.н., зам. директора по научной работе

**Лялина О.Ю.**<sup>1</sup> – старший научный сотрудник, аспирант

**Тырина Е. С.**<sup>1</sup> – младший научный сотрудник

**Посокина Н.Е.**<sup>1</sup> – к.т.н., зав. лабораторией технологии консервирования

**Терешонок В.И.**<sup>2</sup> – кандидат с.-х. наук, с.н.с. лабораторно-аналитического центра

<sup>1</sup>Федеральное Государственное Бюджетное Научное Учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования» (ФГБНУ «ВНИИТеК»)

142703, Россия, Московская обл., г. Видное, ул. Школьная, д.78

[www.vniitek.ru](http://www.vniitek.ru), e-mail: [vnikopltok@yandex.ru](mailto:vnikopltok@yandex.ru)

<sup>2</sup>ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции и

семеноводства овощных культур» (ФГБНУ ВНИИССОК)

143080, Россия, Московская обл., Одинцовский р-н, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д.14

E-mail: [vniissok@mail.ru](mailto:vniissok@mail.ru)

В статье представлены результаты работы по исследованию процесса направленного ферментирования огурцов сорта Водолей с использованием штаммов молочнокислых микроорганизмов с целью повышения качества конечного продукта и уменьшения потерь в процессе хранения. Задачей наших исследований являлось изучение динамики деструкции фруктозы в процессе направленного ферментирования огурцов с использованием штаммов лактокультур (штаммов молочнокислых микроорганизмов) и их подбор для проведения этого процесса. В качестве штаммов молочнокислых микроорганизмов нами были выбраны следующие штаммы: *Lactobacillus brevis* ВКМ В-1309, *Lactobacillus casei* ВКМ 536, *Lactobacillus plantarum* ВКМ В-578. Для получения сравнительных результатов все эксперименты проводили на модельных средах. С целью создания оптимальных условий для развития целевой микрофлоры и определения степени деструкции фруктозы различными штаммами микроорганизмов, исходное сырьё подвергали гомогенизации и стерилизации. Разработаны математические модели, адекватно описывающие степень деструкции фруктозы в процессе обработки. Математическую обработку данных по деструкции фруктозы в процессе направленной ферментации проводили с помощью Microsoft Excel и SYSTAT TableCurve 2D. Установлено, что по критерию интенсивности деструкции фруктозы при ферментировании огурцов наиболее эффективным является использование исследованного штамма *L. brevis*, обеспечивающего максимальную эффективность процесса (максимально приемлемая продолжительность 14,11 суток при достижении степени деструкции фруктозы более 92% от асимптотического значения). *L. brevis* позволяет достичь максимальной степени деструкции фруктозы, что, предположительно, указывает на потенциальную целесообразность использования данного вида молочнокислых микроорганизмов.

**Ключевые слова:** направленное ферментирование огурцов, штаммы молочнокислых микроорганизмов (лактокультур), динамика деструкции фруктозы.

## Введение

Ферментированные пищевые продукты появились задолго до того, как люди узнали о существовании микроорганизмов [1], и вошли в традиционный рацион почти у всех культур. В настоящее время производство солевых, квашеных и моченых продуктов является важным сегментом пищевой промышленности [2].

На скорость размножения микроорганизмов в пищевых продуктах влияют различные факторы, в том числе свойства

продуктов (содержание нутриентов, значение pH, окислительно-восстановительный (редокс-) потенциал, активность воды и т.п.) и внешние факторы – в том числе условия хранения, например температура и относительная влажность. Консервирование пищевых продуктов обычно базируется на уничтожении микроорганизмов или контроле их размножения и общего состава микробиоты. Снижение темпов или предотвращение микробиологической порчи пищевых продуктов основано на четырех основных

принципах: минимизация контаминации продукта микроорганизмами; подавление роста и размножения микроорганизмов-контаминантов; уничтожение микроорганизмов-контаминантов; удаление микроорганизмов-контаминантов.

Ферментация основана на сочетании первых трех принципов и достигается созданием условий для роста специфических микроорганизмов, которые могут придавать пищевым продуктам желаемый вкус, аромат, текстуру и внешний вид [3]. Большинство ферментирован-

ных пищевых продуктов получают с использованием молочнокислых бактерий, дрожжей и, в меньшей степени, плесневых грибов [4]. Среди ферментированных овощей промышленное значение имеют огурцы, капуста, томаты.

Ферментированные пищевые продукты можно получить благодаря активности сбраживающих микроорганизмов, естественным образом присутствующих в сырье или производственной среде. Тем не менее, для повышения надежности и обеспечения более стабильного процесса ферментации, зачастую применяют заквасочные культуры, которые должны обладать соответствующими свойствами и быть способными доминировать над нативными молочнокислыми бактериями. Заквасочные культуры позволяют направленно использовать биохимическую активность микроорганизмов для быстрого и максимального накопления обладающей консервирующим действием молочной кислоты, исключить развитие нежелательной микрофлоры, избежать появления отходов поверхностных слоев продукции, получить продукцию с хорошим вкусом, ароматом и структурой и уменьшить время «созревания» солено-квашеной продукции [5]. Заквасочные культуры могут быть чистыми или смешанными, применение смешанных заквасочных культур позволяет снизить риск инфицирования бактериофагами [6] и улучшить качество готовой продукции.

#### Цели и задачи

Целью наших исследований являлось изучение динамики деструкции фруктозы в процессе направленного ферментирования огурцов сорта Водолей с использованием штаммов лактокультур. Задачей наших исследований был подбор штаммов молочнокислых микроорганизмов, перспективных для производства качественной ферментированной овощной продукции в промышленных условиях.

#### Материалы и методы

В качестве исходного сырья использовали плоды огурца сорта Водолей. Активность ферментирования определяли по интенсивности деструкции фруктозы. Для получения сравнительных результатов все эксперименты проводили на модельных средах.

Модельные среды для исследований

готовили следующим образом: свежие плоды огурцов тщательно мыли в проточной воде до удаления с их поверхности всех загрязнений. Влагу с поверхности удаляли фильтровальной бумагой. Сырьё подвергали гомогенизации. Далее в полученную массу вносили 40 % водного раствора NaCl концентрацией 7 %. Полученные образцы дозировали в предварительно подготовленные стеклянные банки, с последующим герметичным укупориванием и стерилизацией в течение 20 мин при 100°C для устранения посторонней микрофлоры. После охлаждения подготовленные образцы инокулировали штаммами *Lactobacillus brevis* BKM B-1309, *Lactobacillus casei* BKM 536 и *Lactobacillus plantarum* BKM B-578, по одному штамму в каждый образец. Титр штаммов микрофлоры в каждом из образцов на момент инокуляции составлял  $1 \cdot 10^4$  на 1 г.

Активную фазу ферментирования проводили в течение 3 сут. при температуре 23...25°C. Дальнейшее ферментирование проводили при температуре от -1°C до +4°C. Отбор проб проводили в течение 1, 2, 3, 10, 20, 30, 60, 90 суток ферментации.

Исследование динамики изменения содержания фруктозы проводили методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе с рефрактометрическим детектором Perkin Elmer Series 200, колонка – Agilent Zorbax Carbohydrate 4,6x250 мм, подвижная фаза – «ацетонитрил : вода» 75:25, скорость потока 1 см<sup>3</sup>/мин в изократическом режиме. Идентификацию фруктозы

проводили по абсолютному времени удерживания в образцах, сравнением со временем удерживания в градуировочных растворах. Расчёт концентрации – методом внешнего стандарта.

#### Результаты

Анализ результатов после математической обработки экспериментальных данных показал, что процесс деструкции фруктозы при ферментировании образцов сырья исследуемыми штаммами молочнокислых микроорганизмов во всех трёх случаях протекает по схожему механизму, отличаясь лишь интенсивностью (рис.).

При этом каждая из зависимостей характеризуется чётким зонированием на период активной деструкции и период малой активности.

Математически все три зависимости могут быть выражены в следующей форме:

$$\omega = \frac{a \cdot \tau}{b + \tau} \quad (1)$$

где  $\omega$  – степень деструкции фруктозы, %;  $\tau$  – продолжительность ферментирования, сутки;  $a$  и  $b$  – коэффициенты.

Показатели, адекватность и характеристики моделей для всех исследуемых штаммов микроорганизмов представлены в таблице. Обобщая, можно утверждать, что все разработанные модели адекватны по критерию Фишера при  $\alpha < 0,00005$  и имеют высокую сходимость с экспериментальными данными ( $R^2 > 0,98$ ).

Анализ результатов моделирования показал, что все зависимости с увеличе-

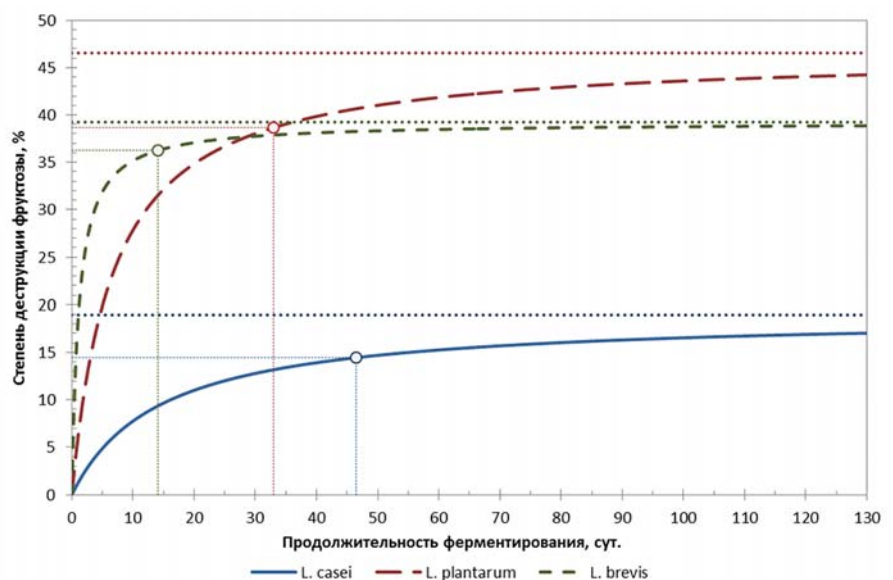


Рис. Зависимость степени деструкции фруктозы исследуемыми штаммами молочнокислых микроорганизмов от продолжительности ферментирования

## THE STUDY OF FRUCTOSE DESTRUCTION DYNAMICS IN THE PROCESS OF CUCUMBERS DIRECTED FERMENTATION

Kondratenko V.V.,<sup>1</sup> Lyalina O.Yu.,  
<sup>1</sup> Posokina N.E., Tyrina E.S.,  
<sup>1</sup> Tereshono kV.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Federal State Budgetary Scientific Research Institution «All-Russian Research Institute of Canning Technology» 142703, Russia, Moscow region, Vidnoe, Shkolnaya Street, 78 www.vniitek.ru, e-mail: vnikoptok@yandex.ru

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Scientific Research Institution «All-Russian Scientific Research Institute of vegetable breeding and seed production» 143080, Russia, Moscow region, Odintsovo district, p. VNISSOK, Selectionnaya street, 14 E-mail: vniissok@mail.ru

### Summary

The process of the directed fermentation of cucumber "Vodoley" is studied with strains of lactic acid bacteria to improve the final product quality and reducing losses during storage. The objective of our studies was to investigate the dynamics of fructose destruction at the process of directed fermentation of cucumber using strains of lactic acid bacteria (microorganisms) and their choosing for this process. The following strains of lactic bacteria (LAB) were used: *Lactobacillus brevis* In the VCR-1309, VCR 536 *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum* VKM V-578. To obtain comparable results, all experiments were performed on simulated medium. The raw material was homogenized and sterilized to make optimal condition for development of the target microorganism. The different strains of microorganisms were tested to detect the degree of fructose destruction. The developed mathematical model adequately described the degree of fructose destruction at the process of treatment. Mathematical data processing on fructose destruction at the process of directed fermentation was performed using Microsoft Excel and SYSTAT TableCurve 2D. It is established that use of strain *L. brevis* was the most effective providing maximal efficiency according to the criterion of intensity of fructose destruction at process of fermentation in cucumber where the maximal acceptable duration is 11-14 days to reach 92% of fructose destruction to asymptotic value. The strain *L. brevis* enabled to achieve the highest degree of fructose destruction, which, has presumably indicated the potential feasibility of using these lactic acid microorganisms.

**Keywords:** directed cucumbers fermentation, strains of lactic acid bacteria (LAB), the dynamics of fructose destruction.

нием продолжительности ферментирования стремятся к некоторому предельному – асимптотическому – значению, которое может быть определено по формуле:

$$\omega_{\tau \rightarrow \infty} = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \frac{a \cdot \tau}{b + \tau} \quad (2)$$

Естественно, что при масштабировании исследуемых процессов до промышленного производства достижение асимптотических значений степени деструкции фруктозы лишено смысла. Значительно более целесообразным является определение максимально – приемлемой продолжительности процесса ферментирования, при котором дальнейшее увеличение продолжительности на заданную величину  $\Delta\tau$  приводит к приросту  $\omega$  на некоторую величину  $d$ , определяемую по формуле [7]:

$$d = \frac{\omega(\tau + \Delta\tau) - \omega(\tau)}{\omega(\tau)} \cdot 100\% \quad (3)$$

В данной работе максимально приемлемую продолжительность процесса определяли при  $d=1\%$ .

Сравнительный анализ экспериментальных данных показывает, что по критерию интенсивности деструкции фруктозы при ферментировании огурцов наиболее эффективным является использование исследованного штамма *L. brevis*, обеспечивающего максимальную эффективность процесса (максимально приемлемая продолжительность 14,11 суток при достижении степени деструкции фруктозы более 92% от асимптотического значения).

### Выводы

Исследованная динамика деструкции фруктозы огурца различными штаммами молочнокислых организмов показывает различные временные периоды до достижения максимально приемлемых значений. Так, для штамма *L. casei* этот период составил 46,50 суток, для *L. plantarum* – 32,94 суток, для *L. brevis* – 14,11 суток. Таким образом, использование штамма *L. brevis* позволяет достичь максимально приемлемой степени деструкции фруктозы в огурцах за наименьший временной период и показывает целесообразность использования этого вида молочнокислых микроорганизмов при направленной ферментации огурцов.

### Показатели и характеристики разработанных математических моделей

	Вид микроорганизмов		
	<i>L. casei</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. brevis</i>
Коэффициенты:			
<i>a</i>	18,9294	46,5089	39,2059
<i>b</i>	14,3856	6,6888	1,1468
Адекватность модели:			
$\alpha, \leq$	0,00004	0,00001	0,00002
$R^2$	0,9897	0,9999	0,9986
Характеристики модели:			
$\omega_{\tau \rightarrow \infty}, \%$	18,93	46,51	39,21
$\tau_{d \leq 1}, \text{сут.}$	46,50	32,94	14,11
$\omega_{d \leq 1}, \%$	14,46	38,66	36,26
<i>q, \%</i>	76,37	82,12	92,48

### Литература

- Guizani N., Mothershaw A. Fermentation // Handbook of Food Science, Technology and Engineering/ Hui Y. H. (ed.). - Vol. 2. - Boca Raton: CRC Press, 2006. - P. 63.1.
- Fellows P. J. Food Processing Technology. — 2nd ed. — Boca Raton: CRC Press, 2002.
- Guizani N., Mothershaw A. Fermentation as a method of food preservation // Handbook of Food Preservation / Rahman M. S. (ed.) - 2nd ed. - Boca Raton: CRC Press, 2007. - P. 215.
- Fleming H. P., Kyung K. H., Breidt F. Vegetable fermentations // Biotechnology / Rehm H. J., Reed G. (eds). — Vol. 9. Enzymes, Biomass, Food and Feed — 2nd ed. — NY: VCH Publishers, Inc, 1995. - P. 629.
- Лялина О.Ю., Глазков С.В., Тырина Е.С., Посокина Н.Е. / Изучение динамики деструкции сахаров в процессе направ-

ленного ферментирования овощей с использованием консорциумов микроорганизмов с учетом степени их взаимного влияния // 9-я Международная конференция молодых ученых и специалистов «Повышение качества, безопасности и конкурентноспособности продукции агропромышленного комплекса в современных условиях». – Москва: ФГБНУ ВНИИПБи ВП, 2015. С. 185-190.

- Daly C. The use of mesophilic cultures in the dairy industry // Antortie Van Leeuwenhoek, 1983, 49. p. 297-312
- Разработать систему научно-обоснованных параметров биотехнологической трансформации биополимеров углеродной природы вторичных продуктов свеклосахарного производства в функциональные биологически активные компоненты (0605-2014-0003). Раздел 9, подраздел 25 Программы ФАНО на 2013-2020 гг. / Отчёт о НИР. – Видное: ФГБНУ «ВНИИТеК», 2014. – С. 65.