

**Владимир Владимирович Кондратенко**

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, заместитель директора по науке, кандидат технических наук, Видное, Московская область, Россия

E-mail: nauka@vniitek.ru

**Наталья Евгеньевна Посокина**

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, заведующая лабораторией технологии консервирования, кандидат технических наук, Видное, Московская область, Россия

E-mail: technol@vniitek.ru

**Анна Ивановна Захарова**

Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, старший научный сотрудник лаборатории технологии консервирования, Видное, Московская область, Россия

E-mail: zakharova@vniitek.ru

### **ДИНАМИКА НАКОПЛЕНИЯ МОЛОЧНОЙ И УКСУСНОЙ КИСЛОТ НА ОСНОВНОМ ЭТАПЕ СТУПЕНЧАТОГО ФЕРМЕНТИРОВАНИЯ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ С ИЗМЕНЕННОЙ УГЛЕВОДНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ**

*Цель исследования – изучить динамику накопления молочной и уксусной кислот в процессе направленного ферментирования модельной среды на основе белокочанной капусты сорта Парус с измененной углеводной составляющей и определить самый результативный консорциум молочнокислых микроорганизмов с этой точки зрения. Задачи исследования: изучить динамику накопления молочной кислоты в исследуемой среде как показатель гомоферментативного брожения и определить, какой консорциум молочнокислых микроорганизмов накапливает максимальное количество кислоты в рамках проведения эксперимента; изучить динамику накопления уксусной кислоты как показателя гетероферментативного брожения и определить, какой консорциум молочнокислых микроорганизмов накапливает максимальное ее количество; определить самый результативный консорциум молочнокислых микроорганизмов с точки зрения суммарного накопления молочной и уксусной кислот, так как этот фактор влияет на безопасность конечного продукта и его органолептические показатели. Объекты исследования – стерилизованная модельная среда на основе белокочанной капусты сорта Парус (урожай 2020 г.) с модифицированным углеводным составом, подвергшаяся ферментированию штаммами молочнокислых микроорганизмов видов: *L. mesenteroides*, *L. brevis*, *L. casei* и *L. plantarum*. Накопление молочной кислоты менее всего выражено в случае ферментации среды с использованием *L. brevis*, максимально – в случае *L. plantarum*. В случае использования консорциума (*L. casei* + *L. plantarum*) интенсивность накопления молочной кислоты существенно превосходит таковую для соответствующих монокультур в процессе основного этапа ферментирования. Наиболее активным продуцентом уксусной кислоты в условиях данного эксперимента является *L. brevis*, тогда как минимум отмечен у *L. plantarum*. Максимальное накопление уксусной кислоты отмечено для консорциума (*L. casei* + *L. plantarum*). Целесообразно использовать при ферментации белокочанной капусты консорциум (*L. casei* + *L. plantarum*) с соответствующей углеводной корректировкой сырья, поскольку в процессе его жизнедеятельности интенсивность накопления молочной ки-*

слоты и, соответственно, безопасность продукта в процессе основного этапа ферментирования существенно превосходят таковые для соответствующих монокультур.

**Ключевые слова:** ферментирование, белокочанная капуста, штаммы молочнокислых микроорганизмов, молочная кислота, уксусная кислота, углеводная корректировка.

**Vladimir V. Kondratenko**

All-Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов "RAS, Deputy Director for Science, Candidate of Technical Sciences, Vidnoe, Moscow Region, Russia

E-mail: nauka@vniitek.ru

**Natalia E. Posokina**

All-Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов "RAS, Head of the Laboratory of Canning Technology, Candidate of Technical Sciences, Vidnoe, Moscow Region, Russia

E-mail: technol@vniitek.ru

**Anna I. Zakharova**

All-Russian Research Institute of Canning Technology – branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after V.M. Gorbатов "RAS, Senior Researcher, Laboratory of Canning Technology, Vidnoe, Moscow Region, Russia

E-mail: zakharova@vniitek.ru

**LACTIC AND ACETIC ACIDS ACCUMULATION DYNAMICS AT THE BASIC STAGE OF WHITE CABBAGE STEP-BY-STEP FERMENTATION WITH CHANGED CARBOHYDRATE COMPONENT**

*The aim of research is to study the dynamics of the accumulation of lactic and acetic acids in the process of directed fermentation of a model environment based on white cabbage of the Parus variety with a modified carbohydrate component and to determine the most effective consortium of lactic acid microorganisms from this point of view. Research objectives: to study the dynamics of the accumulation of lactic acid in the studied environment as an indicator of homofermentative fermentation and to determine which consortium of lactic acid microorganisms accumulates the maximum amount of acid during the experiment; to study the dynamics of the accumulation of acetic acid as an indicator of heteroenzymatic fermentation and to determine which consortium of lactic acid microorganisms accumulates its maximum amount; determine the most effective consortium of lactic acid microorganisms in terms of the total accumulation of lactic and acetic acids, since this factor affects the safety of the final product and its organoleptic characteristics. The objects of research are a sterilized model medium based on white cabbage variety Parus (harvest 2020) with a modified carbohydrate composition, fermented with strains of lactic acid microorganisms of the following species: *L. mesenteroides*, *L. brevis*, *L. casei* and *L. plantarum*. The accumulation of lactic acid is least pronounced in the case of fermentation of the medium using *L. brevis*, and the most pronounced in the case of *L. plantarum*. In the case of using a consortium (*L. casei* + *L. plantarum*), the intensity of lactic acid accumulation significantly exceeds that for the corresponding monocultures during the main stage of fermentation. The most active producer of acetic acid under the conditions of this experiment is *L. brevis*, while at least it was noted in *L. plantarum*. The maximum accumulation of acetic acid was noted for the consortium (*L. casei* + *L. plantarum*). It is advisable to use the consortium (*L. casei* + *L. plantarum*) in the fermentation of white cabbage with the appropriate carbohydrate adjustment of the raw material, since in the process of its vital activity, the intensity of the accumulation of lactic acid and, accordingly, the safety of the product during the main stage of fermentation significantly exceeds those for the corresponding monocultures.*

**Keywords:** fermentation, white cabbage, strains of lactic acid microorganisms, lactic acid, acetic acid, carbohydrate adjustment.

**Введение.** Несмотря на пользу самопроизвольного ферментирования для сохранения сырых овощей и фруктов, существует вероятность неудачного течения процесса с точки зрения неадекватного ингибирования порчи, развития патогенных микроорганизмов, ухудшения органолептических свойств или состава питательных веществ [1, 2]. Поэтому широкое распространение получила направленная (контролируемая) ферментация с использованием заквасок. В связи с этим использование автохтонных культур, выделенных из сырых и ферментированных овощей и фруктов, адаптированных к специфической растительной матрице, может гарантировать достаточно длительный срок годности с одновременным сохранением внешнего вида, вкуса, запаха, текстуры, а также ряда функциональных свойств ферментированных продуктов [3–6].

Направленное микробное ферментирование рассматривается как наиболее эффективное в отношении производства квашеной капусты и соленых огурцов. Ферментирование растительного сырья, и белокочанной капусты в частности, является многоступенчатым процессом, на каждой стадии которого происходит огромное количество микробиологических, физических и химических изменений, ведущих к трансформации качественных показателей конечного продукта как в лучшую, так и в худшую сторону [7, 8]. В момент активации процесса ферментации наступает критический момент, определяющий оптимальные условия для развития молочнокислых бактерий, их быстрый рост и, как следствие, резкое снижение pH среды в результате их жизнедеятельности. Данные условия могут наступить только в случае продолжения процесса в «нужном направлении», в том числе и с обязательным условием создания анаэробной среды, чтобы избежать развития нежелательных микроорганизмов, вызывающих порчу продукта.

Ферментирование растительной ткани представляет собой последовательность двух этапов, или фаз. Первый этап – газообразующий, основными участниками которого являются молочнокислые бактерии гетероферментативного типа [9]. При этом, наряду с накоплением молочной и уксусной кислот, происходит выделение CO<sub>2</sub>. Второй этап (фаза) уже проходит без газообразования, поскольку здесь уже преобладают бактерии гомоферментативного типа [9–11]. Основ-

ными продуктами жизнедеятельности молочнокислых микроорганизмов во время ферментирования квашеной капусты являются: молочная и уксусная кислоты, CO<sub>2</sub>, маннит и этанол.

В ранее проведенных работах по исследованию процесса ферментации белокочанной капусты с использованием штаммов молочнокислых микроорганизмов пришли к выводу о целесообразности проведения ступенчатого процесса, при котором на этапе «предферментации» среда инокулируется *Leuconostoc mesenteroides* с целью создания благоприятных условий для развития основной молочнокислой микрофлоры и на «основном» этапе ферментации уже вносится целевая микрофлора [2]. При этом возникает необходимость углеводной корректировки сырья, так как к моменту внесения основной микрофлоры количество питательных компонентов для ее развития, в частности глюкозы и фруктозы, значительно снижается.

Ключевым фактором «правильности» протекания процесса ферментирования является накопление и соотношение в субстрате молочной и уксусной кислот, как «маркеров» гомоферментативного и гетероферментативного течения процесса [12]. В итоге именно от накопления этих кислот (главным образом молочной) зависит качество ферментированных продуктов и их микробиологическая стабильность.

**Цель исследования:** изучить динамику накопления молочной и уксусной кислот в процессе направленного ферментирования модельной среды на основе белокочанной капусты сорта Парус с измененной углеводной составляющей и определить самый результативный консорциум молочнокислых микроорганизмов с этой точки зрения.

Для достижения поставленной цели требуется решение следующих задач:

- изучить динамику накопления молочной кислоты в исследуемой среде как показатель гомоферментативного брожения и определить, какой консорциум молочнокислых микроорганизмов накапливает максимальное количество кислоты в рамках проведения эксперимента;
- изучить динамику накопления уксусной кислоты как показателя гетероферментативного брожения и определить, какой консорциум молочнокислых микроорганизмов накапливает максимальное ее количество;

– определить самый результативный консорциум молочнокислых микроорганизмов с точки зрения суммарного накопления молочной и уксусной кислот, так как этот фактор влияет на безопасность конечного продукта и его органолептические показатели.

**Объект и методика исследования:** Объект исследования – стерилизованная модельная среда на основе белокочанной капусты сорта Парус (урожай 2020 г.) с модифицированным углеводным составом (ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»), подвергшаяся ферментированию штаммами молочнокислых микроорганизмов видов: *L. mesenteroides*, *L. brevis*, *L. casei* и *L. plantarum* (ВНИИПБТ).

Стерильную среду из белокочанной капусты готовили в соответствии с [12], углеводную корректировку – по [13].

Массовые доли молочной и уксусной кислот в модельной среде определяли по [14] с использованием системы капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105М» (ООО «Люмэкс»).

Каждый эксперимент проводили в трехкратной повторности. Обработку данных проводили с использованием специализированного программного обеспечения Wolfram Mathematica 10.4 (Wolfram Research), Table Curve 2Dv.5.01 (SYSTAT Software Inc.), а также табличного процессора MS Excel 2010.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Анализ экспериментальных данных пока-

зал, что в процессе основного этапа ферментирования накопление молочной кислоты в последовательности монокультур менее всего выражено в случае *L. brevis*, а максимально – в случае *L. plantarum*. При этом различие между крайними случаями в анализируемой области в период ферментирования, соответствующий их зонам плато, составляет ~46 % от концентрации молочной кислоты, продуцированной монокультурой *L. brevis*.

На рисунках 1–3 представлены динамики накопления молочной кислоты в процессе основного этапа ферментирования.

Отличительной особенностью исследованных парных консорциумов в отношении динамики накопления молочной кислоты является их четкое деление на две группы:

– консорциум (*L. casei* + *L. plantarum*), в процессе жизнедеятельности которого интенсивность накопления молочной кислоты в процессе основного этапа ферментирования существенно превосходит таковую для соответствующих монокультур;

– консорциумы (*L. brevis* + *L. casei* и *L. brevis* + *L. plantarum*), в процессе жизнедеятельности которых интенсивность накопления молочной кислоты приблизительно соответствует таковой для вариантов монокультур, т. е. в данном случае применение консорциумов микроорганизмов нецелесообразно.

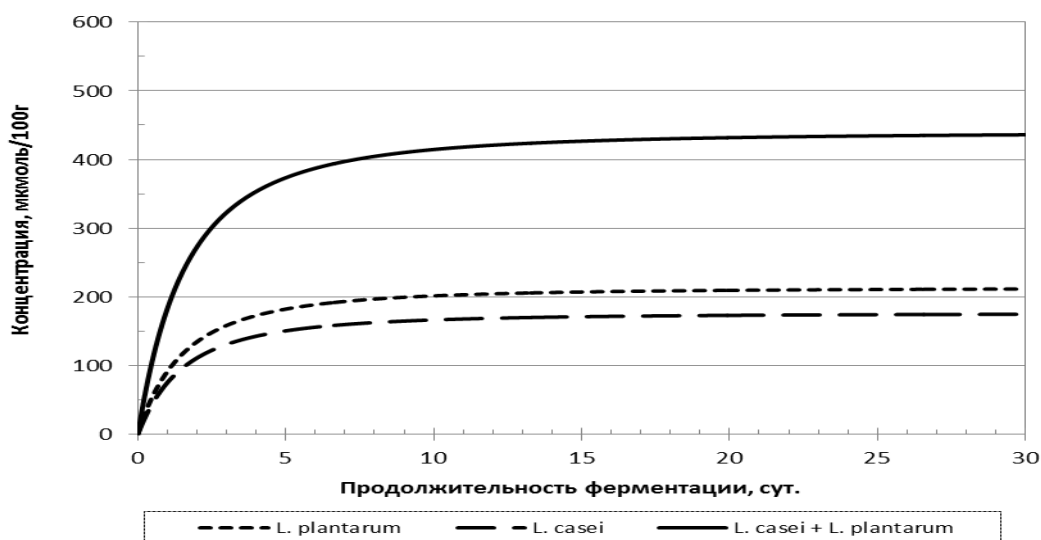


Рис. 1. Динамика накопления массовой доли молочной кислоты в процессе основного этапа ферментирования субстрата монокультурами *L. plantarum*, *L. casei* и консорциумом *L. casei* + *L. plantarum*

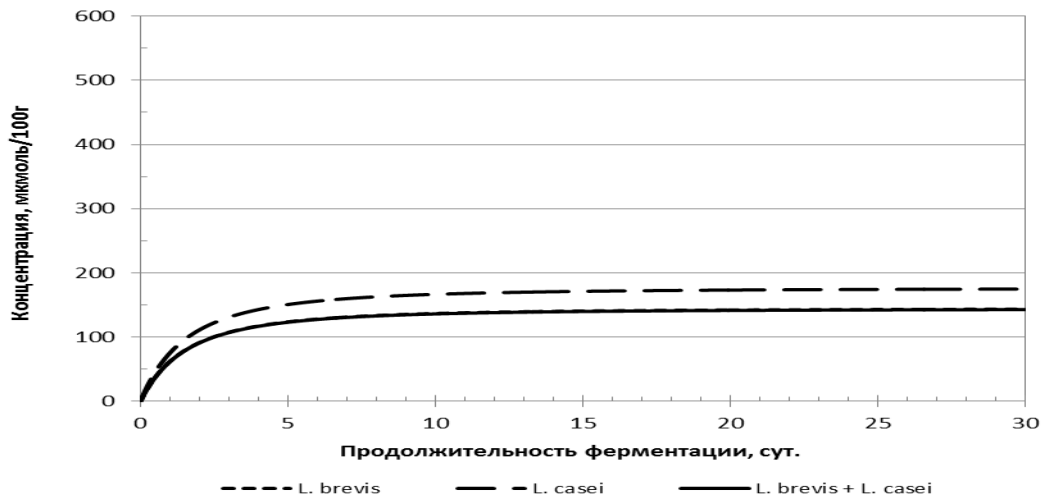


Рис. 2. Динамика накопления массовой доли молочной кислоты в процессе основного этапа ферментирования субстрата монокультурами *L. brevis*, *L. casei* и консорциумом *L. brevis* + *L. Casei*

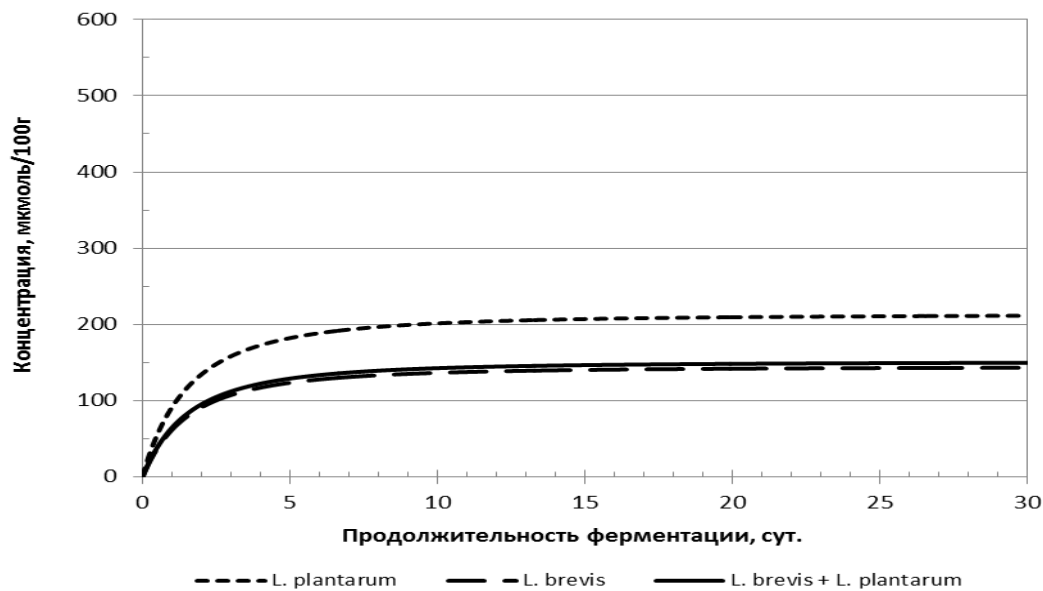


Рис. 3. Динамика накопления массовой доли молочной кислоты в процессе основного этапа ферментирования субстрата монокультурами *L. plantarum*, *L. brevis* и консорциумом *L. brevis* + *L. plantarum*

Следовательно, в варианте *L. casei* + *L. plantarum* имеет место выраженный синергизм взаимодействия видов микроорганизмов в составе консорциума по продуцированию молочной кислоты, чего нельзя сказать в отношении остальных исследованных консорциумов.

В дополнение к молочной кислоте динамика накопления уксусной кислоты в процессе ферментирования позволяет судить о прохождении гетероферментативного процесса, что важно

при формировании ароматического «букета» ферментированного продукта. Но это может также указывать на протекание нежелательных процессов «постороннего» брожения, что, возможно, негативно отразится на органолептических свойствах готового продукта.

Анализ экспериментальных данных показал, что в случае монокультур наиболее активным продуцентом уксусной кислоты является *L. brevis*, тогда как минимум отмечен у *L. plantarum*.

Максимальное накопление уксусной кислоты отмечали для консорциума *L. casei* + *L. plantarum* и среды, ферментированной *L. casei* (рис. 4–6). При этом, в отличие от молочной кислоты, разница в

интенсивности продуцирования уксусной кислоты между монокультурами, соответствующими крайним вариантам, составляет ~7,5 раз.

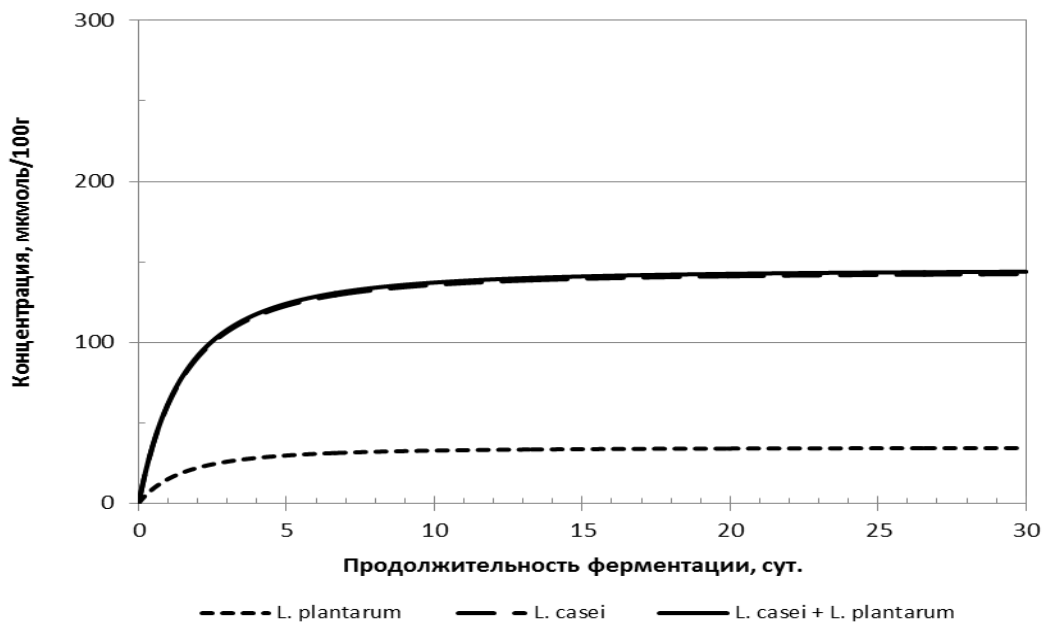


Рис. 4. Динамика накопления массовой доли уксусной кислоты в процессе основного этапа ферментирования субстрата монокультурами *L. plantarum*, *L. casei* и консорциумом *L. casei* + *L. plantarum*

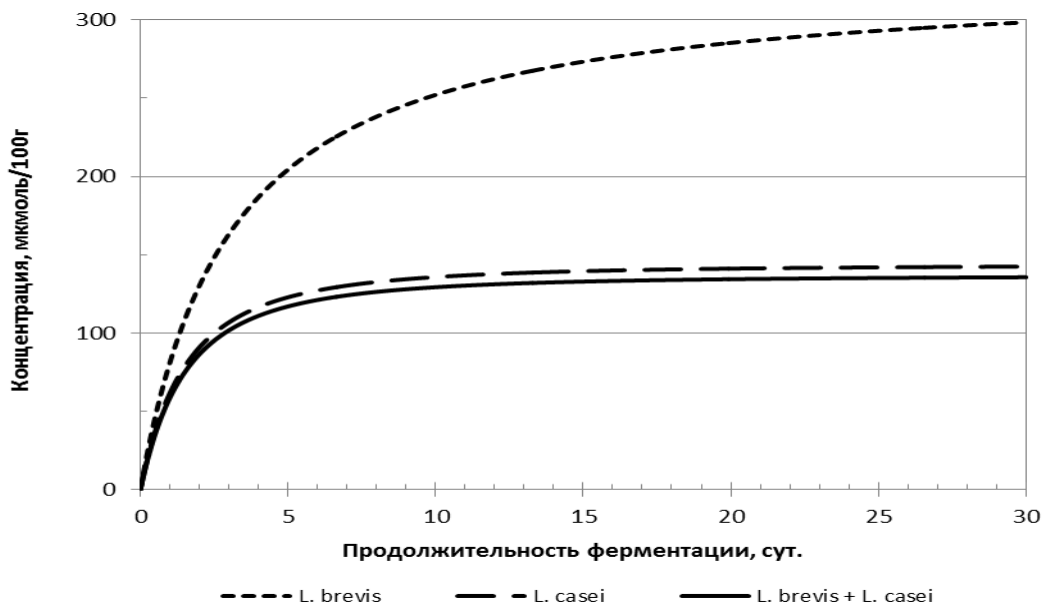


Рис. 5. Динамика накопления массовой доли уксусной кислоты в процессе основного этапа ферментирования субстрата монокультурами *L. brevis*, *L. casei* и консорциумом *L. brevis* + *L. casei*

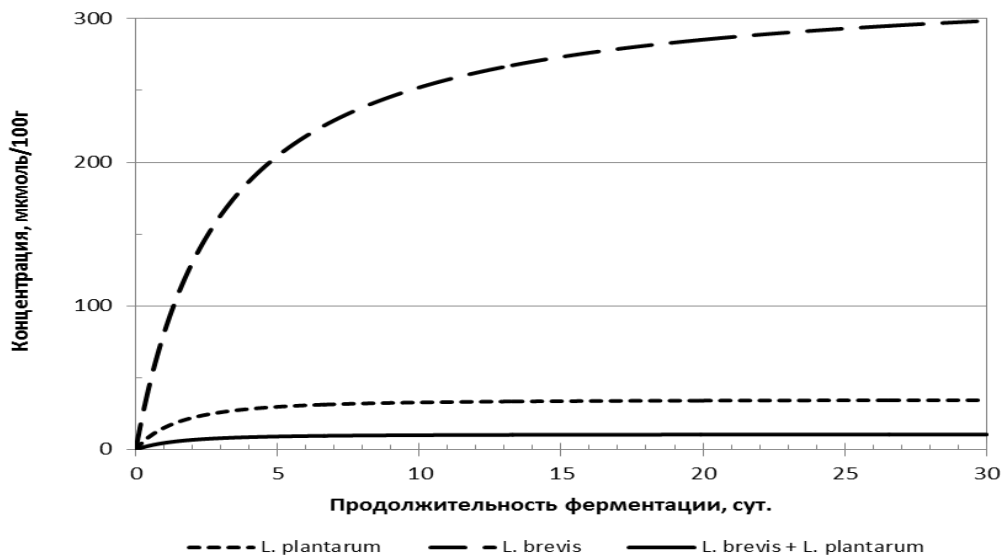


Рис. 6. Динамика накопления массовой доли уксусной кислоты в процессе основного этапа ферментирования субстрата монокультурами *L. plantarum*, *L. brevis* и консорциумом *L. brevis* + *L. plantarum*

Как и в случае с молочной кислотой, по динамике концентрации уксусной кислоты по отношению к таковым у составляющих монокультур исследованные консорциумы также могут быть однозначно разделены на две группы:

– консорциум (*L. casei* + *L. plantarum*), монокультуры в составе которого проявляют синергизм взаимодействия;

– консорциумы (*L. brevis* + *L. Casei* и *L. brevis* + *L. casei*) с выраженным антагонизмом.

При этом антагонизм предполагает превалирование гомоферментативного механизма сбраживания по сравнению с культивируемыми отдельно соответствующими монокультурами, а синергизм – гетероферментативного.

**Выводы.** Накопление молочной кислоты менее всего выражено в случае ферментации среды с использованием *L. brevis*, максимально – в случае *L. plantarum*. В случае использования консорциума (*L. casei* + *L. plantarum*) интенсивность накопления молочной кислоты существенно превосходит таковую для соответствующих монокультур в процессе основного этапа ферментирования.

Наиболее активным продуцентом уксусной кислоты в условиях данного эксперимента является *L. brevis*, тогда как минимум отмечен у *L. plantarum*. Максимальное накопление уксусной кислоты отмечено для консорциума (*L. casei* + *L. plantarum*).

По результатам данного исследования можно сделать вывод о целесообразности использования при ферментации белокочанной капусты консорциума (*L. casei* + *L. plantarum*) с соответствующей углеводной корректировкой сырья, поскольку в процессе его жизнедеятельности интенсивность накопления молочной кислоты и, соответственно, безопасность продукта, в процессе основного этапа ферментирования существенно превосходят таковые для соответствующих монокультур.

Результаты исследования могут быть использованы при разработке технологии «управляемой» ферментации белокочанной капусты с использованием заквасочных культур.

## Литература

1. Кузнецова О.А., Дыдыкин А.С., Асланова М.А. Приоритетные научные направления в области питания населения // Мясная индустрия. 2018. № 7. С. 8–13.
2. Кондратенко В.В., Посокина Н.Е., Семенова Ж.А. и др. Исследование динамики развития молочнокислых микроорганизмов при двухстадийном процессе ферментирования капусты белокочанной сорта Парус // Овощи России. 2019. № 5 (49). С. 84–87.
3. Torres S.S., Verón H., Contreras L., & Isla M. I. (2020). An overview of plant-autoch-

- thonous microorganisms and fermented vegetable foods. // Food Science and Human Wellness. 2020. № 9. p. 112–123. DOI: 10.1016/j.fshw.2020.02.006
4. *Cagno R. Di, Coda R., Angelis M. De et al.* Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation // Food Microbiol. 2013. № 33. p. 1–10. DOI: 10.1016/j.fm.2012.09.003.
  5. *Vera-Pingitore E., Jimenez M.E., Dallagnol A. et al.* Screening and characterization of potential probiotic and starter bacteria for plant fermentations // LWT-Food Sci. Technol. 2016. № 71. p. 288–294. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.03.046.
  6. *Oh YJ, Kim TS, Moon HW, Lee SY, Lee SY, Ji GE, Hwang KT.* Lactobacillus plantarum PMO 08 as a Probiotic Starter Culture for Plant-Based Fermented Beverages // Molecules. 2020. № 25(21). p. 50–56.
  7. *Bachmann H., Pronk J.T., Kleerebezem M. & Teusink B.* Evolutionary engineering to enhance starter culture performance in food fermentations // Current Opinion in Biotechnology. 2015. vol. 32. pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.copbio.2014.09.003.
  8. *Leroy F., & De Vuyst L.* Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry // Trends in Food Science & Technology. 2004. Vol. 15 (2). pp. 67–78. DOI:10.1016/j.tifs.2003.09.004.
  9. *Fleming H.P.* Considerations for the Controlled Fermentation and Storage of Sauerkraut. 1987. pp. 26–32.
  10. *Patel A., Prajapati J. B., Holst O., & Ljungh A.* (2014). Determining probiotic potential of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria isolated from vegetables and traditional Indian fermented food products. Food Bioscience, 5, 27–33. DOI:10.1016/j.fbio.2013.10.002.
  11. *Sáez G.D., Flomenbaum L., Zárate G.* Lactic Acid Bacteria from Argentinean Foods: Isolation and Characterization for their Potential Use as Vegetable Starters // Food Technology and Biotechnology. 2018. № 56(3). p. 398–410. DOI: 10.17113/ftb.56.03.18.5631.
  12. *Кондратенко В.В., Посокина Н.Е.* Динамика накопления молочной и уксусной кислот в процессе направленной ферментации белокочанной капусты сорта Парус // Овощи России. 2020. № 5. С. 88–92.
  13. *Кондратенко В.В., Посокина Н.Е., Ляпина О.Ю. и др.* О коррекции углеводного состава сырья для микробной трансформации консорциумами микроорганизмов // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50, № 4. С. 749–762.
  14. М 04-47-2012. Продукция винодельческая, соковая, безалкогольная, слабоалкогольная и алкогольная, продукты пивоварения. Методика измерений массовой концентрации органических кислот и их солей методом капиллярного электрофореза с использованием систем капиллярного электрофореза «Капель». СПб.: Люмэкс, 2012. 44 с.

## References

1. *Kuznecova O.A., Dydykin A.S., Aslanova M.A.* Prioritetnye nauchnye napravleniya v oblasti pitaniya naseleniya // Myasnaya industriya. 2018. № 7. S. 8–13.
2. *Kondratenko V.V., Posokina N.E., Semenova Zh.A. i dr.* Issledovanie dinamiki razvitiya molochnokislyh mikroorganizmov pri dvuhstadijnom processe fermentirovaniya kapusty belokochanoj sorta Parus // Ovoschi Rossii. 2019. № 5 (49). S. 84–87.
3. *Torres S.S., Verón H., Contreras L., & Isla M.I.* (2020). An overview of plant-autochthonous microorganisms and fermented vegetable foods. // Food Science and Human Wellness. 2020. № 9. p. 112–123. DOI: 10.1016/j.fshw.2020.02.006
4. *Cagno R. Di, Coda R., Angelis M. De et al.* Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation // Food Microbiol. 2013. № 33. p. 1–10. DOI: 10.1016/j.fm.2012.09.003.
5. *Vera-Pingitore E., Jimenez M.E., Dallagnol A. et al.* Screening and characterization of potential probiotic and starter bacteria for plant fermentations // LWT-Food Sci. Technol. 2016. № 71. p. 288–294. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.03.046.
6. *Oh YJ, Kim TS, Moon HW, Lee SY, Lee SY, Ji GE, Hwang KT.* Lactobacillus plantarum PMO 08 as a Probiotic Starter Culture for Plant-



- Based Fermented Beverages // *Molecules*. 2020. № 25(21). p. 50–56.
7. *Bachmann H., Pronk J.T., Kleerebezem M. & Teusink B.* Evolutionary engineering to enhance starter culture performance in food fermentations // *Current Opinion in Biotechnology*. 2015. vol. 32. pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.copbio.2014.09.003.
  8. *Leroy F., & De Vuyst L.* Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry // *Trends in Food Science & Technology*. 2004. Vol. 15 (2). pp. 67–78. DOI:10.1016/j.tifs.2003.09.004.
  9. *Fleming H.P.* Considerations for the Controlled Fermentation and Storage of Sauerkraut. 1987. pp. 26–32.
  10. *Patel A., Prajapati J. B., Holst O., & Ljungh A.* (2014). Determining probiotic potential of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria isolated from vegetables and traditional Indian fermented food products. *Food Bioscience*, 5, 27–33. DOI:10.1016/j.fbio.2013.10.002.
  11. *Sáez G.D., Flomenbaum L., Zárate G.* Lactic Acid Bacteria from Argentinean Foods: Isolation and Characterization for their Potential Use as Vegetable Starters // *Food Technology and Biotechnology*. 2018. № 56(3). p. 398–410. DOI: 10.17113/ftb.56.03.18.5631.
  12. *Kondratenko V.V., Posokina N.E.* Dinamika nakopleniya molochnoj i uksusnoj kislot v processe napravlennoj fermentacii belokochannoj kapusty sorta Parus // *Ovoschi Rossii*. 2020. № 5. S. 88–92.
  13. *Kondratenko V.V., Posokina N.E., Lyalina O.Yu.* i dr. O korrekcii uglevodnogo sostava syr'ya dlya mikrobnnoj transformacii konsorciuumami mikroorganizmov // *Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv*. 2020. T. 50, № 4. S. 749–762.
  14. М 04-47-2012. Produkciya vinodel'cheskaya, sokovaya, bezalkogol'naya, slaboalkogol'naya i alkogol'naya, produkty pivovareniya. Metodika izmerenij massovoj koncentracii organicheskikh kislot i ih solej metodom kapillyarnogo `elektroforeza s ispol'zovaniem sistem kapillyarnogo `elektroforeza «Kapel'». SPb.: Lyum`eks, 2012. 44 s.

Авторы выражают благодарность ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» и лично с.н.с. В.И. Терешонку за предоставленное сырье для проведения исследований.

