

© Кондратенко В.В., Посокина Н.Е., Лялина О.Ю., 2020

УДК 664.843.52

Направленное ферментирование как фактор формирования стабильного качества квашеной капусты

В.В. Кондратенко, Н.Е. Посокина, О.Ю. Лялина

ВНИИ технологии консервирования – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (ВНИИТеК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН), ул. Школьная, 78, г. Видное, Московская область, 142703, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Безопасность пищевых продуктов, безусловно, является приоритетом и для производителей, и для потребителей. Очевидно, что вопросы безопасности, санитарии, качества и согласованности относятся ко всем обработанным продуктам, а не только к ферментированным. Тем не менее, пищевая промышленность ферментированных продуктов уникальна – это отрасль, в которой потребительский успех продукта зависит, в том числе, и от роста и активности микроорганизмов. Сегодня существует необходимость обобщения знаний о факторах, влияющих на развитие целевой микрофлоры ферментированных растительных объектов, и, как следствие, на получение качественного продукта, обладающего несомненной биологической и пищевой ценностью, с минимизацией потерь при его производстве. *Цель работы.* Обобщить факторы, влияющие на развитие целевой микрофлоры, качество ферментированной овощной продукции и микробиальную порчу при хранении. *Результаты.* В работе рассмотрены основные принципы ферментации овощей с микробиологической и биохимической точек зрения. Под влиянием динамично меняющихся условий среды в процессе ферментации растительного сырья происходит сложная видовая смена микроорганизмов, участвующих в данном процессе. Наиболее важной группой микроорганизмов являются молочнокислые бактерии, применяемые в процессе ферментации овощей для производства продуктов, более стабильных при хранении. *Выводы.* Ферментация – относительно недорогой и энергосберегающий способ переработки овощей. В процессе ферментации повышается безопасность пищевых продуктов в силу того, что снижается опасность развития патогенных микроорганизмов, и, следовательно, достижения ими инфекционного или токсикогенного уровня. Перед исследователями, изучающими процесс ферментации растительного сырья и создающими заквасочные культуры для данного процесса, стоит задача повышения качества и снижения порчи ферментированных овощей. Это возможно обеспечить, организовав «управляемый» процесс ферментации с использованием сочетания биологических, химических и физических факторов.

Ключевые слова: ферментация, молочнокислое брожение, заквасочные культуры, штаммы молочнокислых микроорганизмов.

Для цитирования: Кондратенко В.В., Посокина Н.Е., Лялина О.Ю. Направленное ферментирование как фактор формирования стабильного качества квашеной капусты // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 6 (327). С. 44–49 DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-327-6-44-49>

Human-Directed Fermentation as a Factor Securing Stable Quality of Sauerkraut

V.V. Kondratenko, N.E. Posokina, O.Yu. Lyalina

Russian Research Institute of Canning Technology, Branch of the Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Russian Academy of Sciences, 78 Shkolnaya Street, Vidnoye, Moscow Region, 142703, Russian Federation

Abstract. *Introduction:* Food safety is an absolute priority for both producers and consumers. It is obvious that the issues of safety, sanitation, quality and consistency apply to all processed products, not only to fermented ones. However, the industry of fermented foods is unique: it is the industry where a product success depends, inter alia, on the growth and activity of microorganisms. Today, there is a need to summarize knowledge about the factors that affect the development of the target microflora of fermented plant objects and, as a result, to obtain a quality product that has an undoubted biological and nutritional value with minimal losses during its production. *Objectives:* Our goal was to generalize factors affecting the development of the target microflora, the quality of fermented vegetable products, and microbial spoilage during storage. *Results:* The article discusses basic principles of vegetable fermentation from the microbiological and biochemical points of view. Under the influence of dynamically changing conditions in the process of fermentation of plant raw materials, there occurs a complex species change of microorganisms involved in this process. The most important group of microorganisms includes lactic acid bacteria used in fermentation of vegetables for manufacturing products that are more stable during storage. *Conclusions:* Fermentation is an affordable and energy-saving method of vegetable processing. It helps increase food safety by reducing the risk of growth of pathogenic microorganisms to infectious or toxicogenic levels. The researchers studying fermentation of plant raw materials and creating starter cultures for this process are faced with the task of improving the quality and reducing spoilage of fermented vegetables. This can be achieved by organizing a human-directed fermentation process using a combination of biological, chemical, and physical factors.

Key words: fermentation, lactic acid fermentation, starter cultures, strains of lactic acid microorganisms.

For citation: Kondratenko VV, Posokina NE, Lyalina OYu. Human-directed fermentation as a factor securing stable quality of sauerkraut. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (6(327)):44–49. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-327-6-44-49>

Author information: Kondratenko V.V., <https://orcid.org/0000-0002-0913-5644>; Posokina N.E., <https://orcid.org/0000-0002-7857-6785>; Lyalina O.Yu., <https://orcid.org/0000-0001-5466-4310>.

Введение.

Основные принципы ферментации. Ферментация (соление, квашение, мочение) – это один из старейших, популярных и дешевых способов переработки (консервирования) овощей, используемый в разных странах. Данный метод сохранения свежего сырья использовали задолго до начала применения пищевой соли и возникновения знаний о микроорганизмах. Издавна человек использовал морскую воду в

качестве консервирующего агента [1]. Причем ферментации подвергалось сырье как растительного, так и животного происхождения. В настоящее время применение ферментации широко используется в пищевой промышленности [2].

Размножение микроорганизмов, принимающих участие в процессах ферментации пищевых продуктов, зависит от многих факторов, главными из которых являются: углеводный, минеральный и витаминный состав объекта;

его активная кислотность (рН), окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), активность воды (Aw), и, безусловно условия активной фазы ферментации и последующего хранения, температура, при которой осуществляется процесс, и относительная влажность.

Известно, что сохранение пищевых продуктов основывается на абсолютном или частичном уничтожении микроорганизмов. При полном уничтожении микроорганизмов мы получаем стерильный (или условно стерильный) продукт, который способен храниться достаточно долгое время при нерегулируемой температуре и влажности. В случае же частичного уничтожения микроорганизмов порчи, продукт требует специальных условий хранения, например, пониженных температур.

Контроль темпов развития или предотвращение микробиологической порчи пищевых продуктов базируется на следующих основных принципах:

- минимизация обсемененности продукта микроорганизмами порчи;
- подавление роста и размножения микроорганизмов порчи;
- уничтожение микроорганизмов порчи;
- удаление микроорганизмов порчи [3].

Ферментация как метод сохранения сырья основывается на применении первых трех принципов. Длительное сохранения сырья возможно благодаря созданию оптимальных условий для роста специфических микроорганизмов, активная деятельность которых позволяет не только сохранить сырье достаточно длительное время, но и придать пищевым продуктам желаемый вкус, аромат, внешний вид и консистенцию [4]. Основную часть ферментированных пищевых продуктов получают с использованием молочнокислых бактерий, дрожжей и, в меньшей степени, плесневых грибов [5]. На сегодняшний день самыми популярными продуктами ферментации растительного сырья в мире являются капуста (белокочанная и др. виды), огурцы, томаты и оливки [3].

Ферментация – это биохимический процесс, при котором в углеводах сырья под действием микроорганизмов и их ферментов происходят изменения, приводящие к трансформации нативных компонентов в более стабильные формы [6]. При этом происходит окисление углеводов и их производных с образованием продуктов реакции – кислот, спиртов, диоксида углерода и др. Продукты реакции регулируют рост и размножение микроорганизмов порчи пищевых продуктов, а поскольку процесс окисления происходит не до конца, в пищевом продукте остаются питательные вещества (нутриенты) [7]. Наиболее важной группой микроорганизмов являются молочнокислые бактерии, применяемые в процессе ферментации овощей для производства продуктов, более стабильных при хранении. Микроорганизмы повышают свою конкурентоспособность путем изменения условий окружающей среды так, что она ингибирует рост других микроорганизмов или становится летальной для них, одновременно стимулируя рост и размножение данного микроорганизма [3].

Молочнокислые бактерии принимают участие в образовании веществ, тормозящих рост и

размножение других микроорганизмов (органические кислоты, пероксид водорода), а также противомикробных соединений с достаточно широким спектром ингибирующего действия (низин) и соединений с довольно узким противомикробным действием (бактериоцины). Кроме того, в процессе ферментации сырья в обязательном порядке происходит трансформация его органолептических показателей качества (меняется вкус, запах и т. п.), также могут происходить изменения функциональных свойств пищевого продукта. При этом и изменения органолептических и функциональных характеристик важны и ценны для потребителя этой продукции [3]. Важно отметить и тот факт, что использование в пищу ферментированных пищевых продуктов, содержащих молочнокислые бактерии, имеет несколько полезных для здоровья человека эффектов [1]. Часть из них связана с активностью молочнокислых бактерий, другая обусловлена колонизацией ими желудочно-кишечного тракта [3], что, безусловно, положительным образом влияет на метаболические процессы, происходящие в организме человека.

Ферментированные овощи и фрукты получают несколькими способами: 1) благодаря активности сбраживающих микроорганизмов, присутствующих на поверхности сырья (эпифитная микрофлора); 2) при использовании молочнокислых бактерий (комплексных заквасок, бактериальных заквасочных культур, штаммов молочнокислых микроорганизмов, стартерных активаторов, стартерных культур); 3) при внесении части заливки (рассола) от предыдущей ферментации [3]. В настоящее время производители ферментированных продуктов при производстве используют первые два способа.

Дикое (самопроизвольное) брожение – это биохимический процесс трансформаций, который происходит в продукте благодаря действию нативных микроорганизмов, присутствующих на поверхности сырья. Такой тип ферментации зачастую происходит путем поэтапного изменения пулов микроорганизмов. Доминирующее значение здесь имеют молочнокислые бактерии, в меньшей степени – различные виды дрожжей. Молочная кислота, произведенная молочнокислыми бактериями, подавляет рост и размножение не только патогенных микроорганизмов, но и других возбудителей порчи. В то же время дрожжи являются основными продуцентами вкусовых и ароматических соединений, а также небольшого количества спиртов. На сегодняшний день достаточно большое количество небольших предприятий применяет именно этот метод ферментации овощного сырья [3].

При производстве ферментированной продукции с внесением заквасочных культур чаще всего используют различные группы молочнокислых микроорганизмов: лактобациллы (*Lactobacilli*), лейконостоки (*Leuconostoc*) и педиококки (*Pediococci*), а также различные дрожжи [3].

Часто заквасочные (стартерные) культуры применяют в том случае, когда есть возможность осуществить термическую обработку исходного сырья с целью удаления нативной микрофлоры.

В этом случае создаются оптимальные условия для развития целевой микрофлоры (внесенных заквасочных микроорганизмов) [8].

При выборе вида заквасочной культуры (одно- или многокомпонентной) руководствуются следующими ключевыми моментами: составом и свойствами исходного сырья, требованиями к конечному продукту и заданным характеристикам (вкус, цвет, сроки созревания и хранения).

Бактериальная заквасочная культура. Спонтанное (самопроизвольное) брожение — это процесс ферментации, который происходит естественным путем. Данный процесс достаточно сложно контролировать, поскольку качество конечного продукта зависит от многих факторов. Для большого промышленного предприятия такое положение вещей неприемлемо. Поэтому на крупных производствах с целью прогнозирования качества конечного продукта и обеспечения его стабильности применяют бактериальные заквасочные культуры. Данные культуры должны обладать такими характеристиками и свойствами, которые позволяют доминировать над «дикими» микроорганизмами, обеспечивая получение конечного продукта с прогнозируемыми показателями качества и безопасности [3].

Успешное проведение процесса ферментации растительного сырья, как правило, зависит не от одного вида микроорганизмов, а от целого конгломерата бактерий различных родов и видов. В производстве обычно используют чистые или смешанные заквасочные культуры. В процессе ферментации при создании благоприятных условий определенный микроорганизм или их группа начинают интенсивно размножаться. Спустя некоторое время данная группа микроорганизмов становится доминирующей. Затем в результате накопления соединений — ингибиторов роста (например, кислоты) размножение данной группы микроорганизмов замедляется или прекращается совсем, в это время начинают размножаться другие виды микроорганизмов, которые менее чувствительны к ингибирующим факторам [7]. Учитывая данные обстоятельства, а также с целью улучшения качества конечного продукта и снижения риска инфицирования бактериофагами [8] производители все чаще используют смешанные заквасочные культуры.

Под влиянием динамично меняющихся условий среды в процессе ферментации пищевых продуктов происходит сложная видовая смена молочнокислых микроорганизмов. В то же время исследования подтверждают, что при ферментации овощей определенную роль играют и противомикробные белки, продуцированные определенными штаммами микроорганизмов [6, 11, 12, 13, 14]. Развитие бактериоцин-продуцирующих штаммов до конца не изучено, хотя данные заквасочные культуры, безусловно, должны иметь конкурентное преимущество. Свойства данных культур могут применяться в разработке коммерческих заквасок [16].

При проведении процесса ферментации растительного сырья, как правило, применяют лишь несколько заквасочных культур, которые используют в смеси или отдельно. Основными заквасочными культурами при солении огурцов, квашении капусты и мочении оливок являются *L. mesenteroides*, *L. brevis* и *L. plantarum* [17].

Следовательно, использование заквасок в крупномасштабном производстве ферментированных овощей позволяет управлять процессом ферментации в сочетании с физическими, химическими и биологическими факторами, что может обеспечить идеальные условия для развития «правильной» микрофлоры и подавления нежелательной [3].

Ферментированные овощи и микробные пулы. В трудах многих ученых отмечается, что в процессе ферментации растительного сырья происходит смена различных видов молочнокислых бактерий [18, 19, 20, 21]. Данная видовая смена зависит как от химических факторов (концентрация углеводов, концентрация пищевой соли, значение активной кислотности), так и от физических (тип продукта, температура) [16]. В своей работе [22] автор разделяет весь процесс естественной ферментации на четыре последовательных стадии:

1) начало (иницирование) брожения (рост естественно присутствующих в данном растительном сырье различных грамположительных и грамотрицательных бактерий);

2) первичное брожение (рост молочнокислых бактерий вместе с размножением дрожжей или без него);

3) вторичное брожение (рост ферментативных дрожжей при условии, что имеется достаточное количество углеводов после подавления размножения молочнокислых бактерий из-за низкого значения pH);

4) постферментация (происходит после исчерпывания запаса сбраживаемых углеводов и характеризуется тем, что отсутствует размножение микроорганизмов в анаэробных условиях и начинается рост микроорганизмов порчи) [6, 9].

Известно, что в процессе ферментации белокочанной капусты первыми начинают размножаться *Leuconostoc mesenteroides*. При этом происходит накопление молочной и уксусной кислот, а также углекислого газа. Затем происходит рост *Lactobacillus brevis*, и, наконец, размножаются *Lactobacillus plantarum*, которые интенсивно продуцируют молочную кислоту, при этом снижая значение активной кислотности (pH) до значения менее 4,0 [6]. Интенсивное накопление молочной кислоты (свыше 1,0 %) позволяет достаточно долго (до 8 мес.) сохранять квашеную капусту при соблюдении температурного режима (от -1 до +4°C) и анаэробных условий [7].

Описание и сущность процесса ферментации. Критическая точка в процессе ферментации (брожения) располагается на начальном этапе данного процесса (примерно от 0 до 6 сут.), так как под действием молочнокислых бактерий, находящихся на поверхности сырья, и сахара, содержащиеся в овощах, преобразуются в молочную кислоту, которой должно быть достаточно для быстрого снижения pH квашеной капусты [9]. Снижение pH, в свою очередь, приводит к увеличению кислотности и снижению степени сладости [23]. Быстрое уменьшение pH в начале ферментации — залог успешного процесса брожения, поскольку быстрое увеличение кислотности минимизирует влияние бактерий порчи. Если уменьшение pH в начале ферментации брожения будет задер-

жано, непосредственный процесс брожения пойдет нежелательным путем [9].

Молочнокислые микроорганизмы — это достаточно разнородная группа бактерий, обладающих рядом общих свойств. Основной продукт их деятельности — молочная кислота, подавляющая жизнедеятельность патогенных и других микроорганизмов порчи [24]. Молочнокислые бактерии — мезофилы, но их несомненное преимущество состоит в том, что они могут расти как при низких температурах (около 5 °С), так и при высоких (около 45 °С). Отмечается, что большинство штаммов способны к росту при активной кислотности среды (рН) 4,0–4,5, однако часть из них активна даже при рН 9,6, а другая — при рН 3,2 [7, 6]. Исключая некоторые виды стрептококков, молочнокислые бактерии не несут вреда человеку, что делает их идеальным средством, используемым для консервирования пищевых продуктов [3, 6].

Молочнокислые бактерии способны вытеснять конкурирующие микроорганизмы несколькими способами [1, 4]. Основной из них — это быстрый рост на питательном растительном субстрате, одновременное продуцирование молочной кислоты, что ведет к резкому снижению показателя активной кислотности (рН), при котором другие микроорганизмы просто не выживают [25]. Кроме того, у молочнокислых микроорганизмов отсутствует каталаза, и в связи с этим они способны продуцировать пероксид водорода [26], который также имеет способность подавлять жизнедеятельность микроорганизмов порчи [25], при этом сами лактобациллы к нему относительно устойчивы [6, 27]. Конечно, роль пероксида водорода как консервирующего вещества не стоит ставить во главу угла, поскольку продуцирование кислоты является основным фактором, но и не учитывать этот момент мы не можем.

В процессе ферментации также накапливается диоксид углерода, который вырабатывают гетероферментативные молочнокислые микроорганизмы. Он также обладает консервирующим действием [25]. Более того, молочнокислые микроорганизмы продуцируют актериоцин,

благодаря которому также подавляется жизнедеятельность других микроорганизмов [7, 28, 29].

Молочнокислые бактерии довольно требовательны к питательной среде и требуют наличия витаминов и аминокислот [30].

В табл. 1 представлены молочнокислые микроорганизмы, участвующие в ферментации белокочанной капусты [17].

Ферментацию белокочанной капусты можно охарактеризовать как серию последовательных этапов. Каждый этап — это время действия определенного вида молочнокислых микроорганизмов. Эти этапы связаны друг с другом и могут пересекаться. На рисунке представлен процесс спонтанного (самопроизвольного) ферментирования белокочанной капусты, который суммарно состоит из трех больших этапов и практически всегда соответствует представленной модели (каждый этап на рисунке выделен цветом) [17, 15].

Ферментация квашеной капусты является очень динамичным процессом с многочислен-

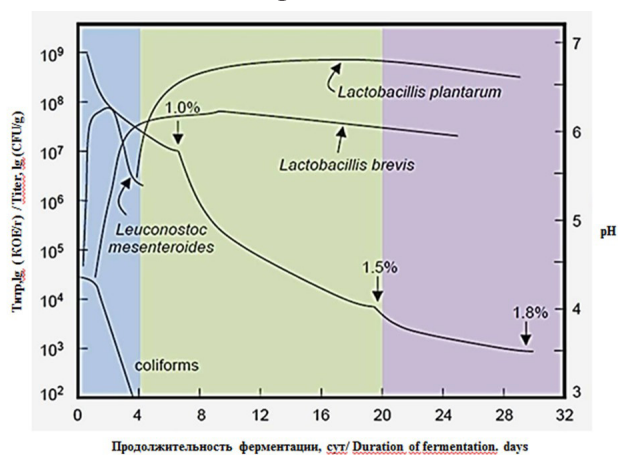


Рисунок. Последовательность процесса ферментации белокочанной капусты. Идеализированная модель последовательного роста молочнокислых бактерий во время ферментации белокочанной капусты. Указана примерная кислотность и pH. Взято из нескольких источников
Figure. The sequence of the white cabbage fermentation process. An idealized model of sequential growth of lactic acid bacteria during fermentation of cabbage with approximate acidity and pH indicated (based on data from various sources)

Таблица 1. Основные молочнокислые микроорганизмы, участвующие в ферментации овощей

Table 1. The main lactic acid bacteria involved in fermentation of vegetables

Свойства / Properties	<i>Lactobacillus brevis</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	<i>Pediococcus pentosaceus</i>
Морфологическое строение / Morphological structure	Палочки, одиночные / Bacilli, single	Палочки, одиночные или в виде коротких цепочек / Bacilli, single or in the form of short chains	Овальные кокки, парами / Oval cocci, in pairs	Кокки, парами и тетрады / Cocci, in pairs and tetrads
Оптимальная температура роста, °C / Optimal growth temperature, °C	30	30–35	20–25	35
Гомоферментативные / Homofermentative		+		+
Гетероферментативные / Heterofermentative	+		+	
Основной продукт / Main product	Лактат, ацетат и CO ₂ в молярном соотношении 1:1:1 / Lactate, acetate, and CO ₂ in a 1:1:1 molar ratio		Лактат, ацетат и CO ₂ в молярном соотношении 1:1:1 / Lactate, acetate, and CO ₂ in a 1:1:1 molar ratio	Лактат / Lactate
Оптический изомер молочной кислоты, образующейся из глюкозы / Optical isomer of the lactic acid formed from glucose	DL	DL, D(-), L(+)	D(-)	DL, L(+)

ными физическими, химическими и микробиологическими изменениями, влияющими на качество конечного продукта. Процесс ферментации может быть разделен на два этапа: первый является газообразующим (гетероферментативным), когда образуются молочная и уксусная кислоты, CO_2 (углекислый газ) и этанол, второй этап является негазообразующим. Первый этап характеризуется ростом *L. mesenteroides*. Этот микроорганизм является солеустойчивым, имеет относительно короткую лаг-фазу и высокие темпы роста при температуре от 15 °C до 18 °C [7].

В зависимости от биохимического пути, по которому метаболизируются гексозы, молочнокислые микроорганизмы подразделяют на две большие группы: гомоферментативные и гетероферментативные.

Гомоферментативные бактерии – преимущественно *Pediococcus*, *Streptococcus* и *Lactococcus* – в качестве главного или даже единственного вещества продуцируют из глюкозы молочную кислоту [31, 32], а роль гетероферментативных бактерий (*Weissella* и *Leuconostoc*) состоит главным образом в продуцировании флавоноидных компонентов – ацетальдегидов и диацетила [6, 17].

Кислая среда (от 0,6 % до 0,8 % молочной кислоты), образующаяся под действием *L. mesenteroides* не только ингибирует немолочнокислые бактерии, но также способствует росту молочнокислых бактерий. Выделение CO_2 способствует образованию анаэробной среды, что также благоприятствует развитию анаэробных молочнокислых бактерий. В итоге при приближении концентрации молочной кислоты к 1,0 % развитие *L. mesenteroides* замедляется и в течение четырех–шести дней эти микроорганизмы едва уловимы [17].

На следующем, основном (гомоферментативном, или негазообразующем) этапе происходит сокращение популяции *Leuconostoc*, но в то же время активно растет в первую очередь *Lactobacillus plantarum* и, в меньшей степени, *Lactobacillus brevis*. Хотя *Lactobacillus plantarum* является факультативным гетероферментативным микроорганизмом (то есть имеет метаболическую способность сбраживать различные сахара с помощью гомо- или гетероферментативных путей), а *Lactobacillus brevis* принадлежит к облигатным гетероферментативным микроорганизмам, оба этих микроорганизма являются производителями сильной кислоты, почти вдвое повышая кислотность (примерно от 1,4 % до 1,6 % по молочной кислоте). Они также достаточно стабильны в кислой среде и доминируют в процессе ферментации в течение этого периода, особенно *Lactobacillus plantarum*. В конечном счете, когда кислотность приближается к 1,6 % и pH снижается ниже 4,0, только кислототолерантный *L. plantarum* способен к росту. Весь процесс может занять от одного до двух месяцев и считается завершенным, когда кислотность достигает значения –1,7 %, с pH от 3,4 до 3,6 [17].

Таким образом, важными условиями успешного процесса ферментации являются правильный подбор заквасок (молочнокислых бактерий или их консорциумов), создание оптимальных условий окружающей среды, способствующих

росту молочнокислых микроорганизмов и подавляющих или ограничивающих развитие нежелательной микрофлоры [3].

Продукты, образующиеся в процессе ферментации. Основным соединением, которое образуется в процессе ферментации, является, безусловно, молочная кислота. При этом важно отметить, что в готовом продукте присутствуют и другие продукты метаболизма. Эти соединения крайне необходимы, так как именно они определяют вкус квашеной капусты. В качестве примера можно привести конечные продукты, производимые *Leuconostoc sp.* и другими гетероферментативными молочнокислыми микроорганизмами [15]. В готовой квашеной капусте наряду с молочной кислотой также содержится около 0,3 % уксусной кислоты и около 0,5 % этанола. Кроме того, гетероферментативными молочнокислыми бактериями могут синтезироваться небольшие количества диацетила, ацетальдегида и других летучих соединений. Углекислый газ (CO_2), накопленный на начальном этапе или в гетероферментативной фазе, обеспечивает квашеную капусту углекислотой и улучшает консистенцию. Еще один конечный продукт, образующийся в процессе ферментации, – маннит. Он формируется непосредственно из фруктозы микроорганизмами *Leuconostoc* и *Lactobacilli*. Хотя большая часть маннита образуется непосредственно из фруктозы, его появление даже при небольшом количестве фруктозы позволяет предположить, что часть маннита может быть сформирована косвенно из глюкозы [17].

Перед исследователями, изучающими процесс ферментации растительного сырья и создающими заквасочные культуры для данного процесса, стоит задача повышения качества и снижения порчи ферментированных овощей. Это возможно обеспечить, организовав управляемый процесс ферментации с использованием сочетания биологических, химических и физических факторов.

Выводы

1. Ферментация – относительно недорогой и энергосберегающий способ переработки овощей. В процессе ферментации повышается безопасность пищевых продуктов в силу того, что снижается опасность развития патогенных микроорганизмов и, как следствие, достижения ими инфекционного или токсикогенного уровня.

2. За счет накопления молочной кислоты увеличивается срок хранения продукции и происходит подавление роста микроорганизмов порчи [7].

3. Употребление в пищу ферментированных пищевых продуктов, содержащих молочнокислые бактерии, имеет ряд полезных для здоровья человека эффектов [1]. Ряд из них связан с активностью молочнокислых бактерий, другие обусловлены колонизацией ими желудочно-кишечного тракта [3]. Ферментированные овощи обеспечивают население безопасным и питательными продуктами длительного срока хранения, имеющими уникальные органолептические свойства и играющими значительную роль в питании.

Полученные выводы стали основой для проведения развернутых исследований по изучению динамики изменений показателей

качества продуктов, подвергшихся направленной ферментации с использованием различных штаммов лактокультуры.

Информация о вкладе авторов: В.В. Кондратенко, Н.Е. Посокина, О.Ю. Лялина – анализ литературы, написание текста статьи.

Список литературы
(пп. 1, 2, 4, 7–14, 16–28 см. References)

3. Настольная книга производителя и переработчика плодоовощной продукции / Под ред. Н.К. Синха, И.Г. Хью. Перевод с англ. яз. СПб.: Профессия, 2014. С. 467–485.
5. Кондратенко В.В., Лялина О.Ю., Тырина Е.С. и др. Исследование динамики деструкции фруктозы в процессе направленного ферментирования огурцов // Овощи России. 2016. № 3. С. 76–78.
6. Посокина Н.Е., Лялина О.Ю., Захарова А.И. и др. Научно-обоснованные подходы к процессу ферментации овощей и преимущества использования бактериальных заквасочных культур // Овощи России. 2018. № 5. С. 77–80.
15. Кондратенко В.В., Лялина О.Ю., Посокина Н.Е. и др. Влияние состава культуральной среды на развитие *Leuconostoc lactis* на этапе предварительного ферментирования // Овощи России. 2017. № 5. С. 92–95.

References

1. Guizani N, Mothershaw A. Fermentation. In: *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*. Hui Y H, editor. 2006; Vol. 2. Boca Raton: CRC Press. P. 63.
2. Saravacos G, Kostaropoulos AE. Design of food processes and food processing plants. In: *Handbook of Food Processing Equipment*. Springer, Boston, MA. 2016. P. 1–50. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25020-5>
3. *Handbook of vegetable and vegetable processing*. Sinha NK, Hui YH, editors. Saint Peterburg: Professiya Publ, 2014. P. 467–485. (In Russian).
4. Guizani N, Mothershaw A. Fermentation as a method for food preservation. *Handbook of food preservation*. Rahman MS, editor. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. P. 215. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420017373>
5. Kondratenko VV, Lyalina OY, Tyrina ES, et al. The study of fructose destruction dynamics in the process of cucumbers directed fermentation. *Ovoshchi Rossii*. 2016; (3):76–77. (In Russian).
6. Posokina NE, Lyalina OY, Zakharova AI, et al. Scientifically-based approaches to the process vegetable fermentation and advantages use of bacterial starter cultures. *Ovoshchi Rossii*. 2018; (5):77–80. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-77-80>
7. Caplice E, Fitzgerald GF. Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *Int J Food Microbiol*. 1999; 50(1-2):131–149. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1605\(99\)00082-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1605(99)00082-3)
8. Bhalla TC, Savitri. Yeasts and traditional fermented foods and beverages. In: *Yeast diversity in human welfare*. Satyanarayana T, Kunze G, editors. Singapore: Springer Publ., 2017. P. 53–82. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-2621-8_3
9. Lactic acid fermentation of fruits and vegetables. Paramithiotis S, editor. Boca Raton: CRC Press, 2017. P. 65–78. <https://doi.org/10.1201/9781315370378>
10. Daly C. The use of mesophilic cultures in the dairy industry. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 1983; 49(3):297–312. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00399505>
11. Andersson R. Inhibition of *Staphylococcus aureus* and spheroplasts of Gram-negative bacteria by an antagonistic compound produced by a strain of *Lactobacillus plantarum*. *Int J Food Microbiol*. 1986; 3(3):149–160. DOI: [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(86\)90010-3](https://doi.org/10.1016/0168-1605(86)90010-3)
12. Daeschel MA, Klaenhammer TR. Association of a 13.6-megadalton plasmid in *Pediococcus Pentosaceus* with bacteriocin activity. *Appl Environ Microbiol*. 1985; 50(6):1538–1541.
13. Daeschel MA, McKenney MC, McDonald LC. Bacteriocidal activity of *Lactobacillus plantarum* C-11. *Food Microbiol*. 1990; 7(2):91–98.
14. Atrih A, Rekhif N, Michel M, et al. Detection of bacteriocins produced by *Lactobacillus plantarum* strains isolated from different foods. *Microbios*. 1993; 75(303):117–123.
15. Kondratenko VV, Lyalina OY, Posokina NE, et al. The influence of the composition of the culture medium on the development of *Leuconostoc lactis* pre-fermentation. *Ovoshchi Rossii*. 2017; (5):92–95. (In Russian).
16. Harris LJ, Fleming HP, Klaenhammer TR. Characterization of two nisin-producing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* strains isolated from a commercial sauerkraut fermentation. *Appl Environ Microbiol*. 1992; 58(5):1477–1483.
17. Hutkins RW. Microbiology and technology of fermented foods. IFT Press Blackwell Publishing, 2006. P. 475.
18. Hocking MB. Fermentation processes. In: *Modern Chemical Technology and Emission Control*. Springer, Berlin, Heidelberg. 1985. P. 338–377. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-69773-9_14
19. Noel C, Deschamps AM, Lebeault JM. Sauerkraut fermentation: New fermentation vat. *Biotechnology Letters*. 1979; 1:321–326.
20. Steinkraus KH. Lactic acid fermentation in the production of foods from vegetables, cereals and legumes. *Antonie van Leeuwenhoek*. 1983; 49(3):337–348.
21. Stamer JR, Stoyla BO, Duncel BA. Growth rates and fermentation patterns of lactic acid bacteria associated with the sauerkraut fermentation. *J Milk Food Technol*. 1971; 34(11):521–525.
22. Fleming HP. Fermented vegetables. *Economic Microbiology. Fermented Foods*. Rose AH, editor. NY: Academic Press, 1982; 7:227–258.
23. McFeeters RF. Fermentation microorganisms and flavor changes in fermented foods. *J Food Sci*. 2004; 69(1):FMS35–FMS37. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb17876>
24. Lactic acid bacteria: microbiological and functional aspects, 3rd Edition. NY: Marcel Dekker Incorp., 2004. P. 656.
25. Steinkraus KH. Lactic acid fermentation in the production of foods from vegetables, cereals and legumes. *Antonie van Leeuwenhoek*. 1983; 49(3):337–348. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00399508>
26. Hurst A, Collins-Thompson DL. Food as a bacterial habitat. In: *Advances in Microbial Ecology*, volume 3. Alexander M, editor. Boston, MA: Springer Publ., 1979. P. 79–134.
27. Wheeler DM, Hirsch A, Mattick ATR. Possible identity of ‘Lactobacillin’ with hydrogen peroxide produced by *Lactobacilli*. *Nature*. 1952; 170(4328):623–624. DOI: <https://doi.org/10.1038/170623a0>
28. Drider D, Fimland G, Hechard Y, et al. The continuing story of class IIa bacteriocins. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2006; 70(2):564–582. DOI: <https://doi.org/10.1128/MMBR.00016-05>
29. Leroy F, De Vuyst L. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends Food Sci Technol*. 2004; 15(2):67–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.004>
30. Daeschel MA, Fleming HP. Selection of lactic acid bacteria for use in vegetable fermentations. *Food Microbiol*. 1984; 1(4):303–313. DOI: [https://doi.org/10.1016/0740-0020\(84\)90064-9](https://doi.org/10.1016/0740-0020(84)90064-9)
31. Kandler O. Carbohydrate metabolism in lactic acid bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 1983; 49:209–224. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00399499>
32. Gokulan K, Khare S, Cerniglia C. Metabolic pathways. Production of secondary metabolites of bacteria. In: *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)*. Batt CA, Tortorello ML, editors. Academic Press, 2014; p. 561–569. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00203-2>

Контактная информация:

Посокина Наталья Евгеньевна, заведующая лабораторией технологии консервирования ВНИИТеК
e-mail: Labtech45@yandex.ru

Corresponding author:

Natalia E. Posokina, Head of the Laboratory of Food Canning Technology, Russian Research Institute of Canning Technology
e-mail: Labtech45@yandex.ru