ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2420
https://elibrary.ru/FOEDXY

Оригинальная статья
https://fptt.ru

Химический состав и микробиологические показатели квашеной капусты, приготовленной из разных гибридов

Е. В. Янченко[1,*], Г. С. Волкова[2,], Е. В. Куксова[2], И. И. Вирченко[1], А. В. Янченко[1], Е. М. Серба[2], М. И. Иванова[1]**

[1] *Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, Верея, Россия*

[2] *Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии, Москва, Россия*

Поступила в редакцию: 18.04.2022
Принята после рецензирования: 20.06.2022
Принята к публикации: 05.07.2022

**Е. В. Янченко: elena_0881@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3165-7238*
***Г. С. Волкова: galina.volkova@bk.ru, https://orcid.org/0000-0003-4051-1828*
Е. В. Куксова: https://orcid.org/0000-0001-6497-6828
И. И. Вирченко: https://orcid.org/0000-0002-2435-0377
А. В. Янченко: https://orcid.org/0000-0002-1031-9459
Е. М. Серба: https://orcid.org/0000-0002-1660-2634
М. И. Иванова: https://orcid.org/0000-0001-7326-2157

© Е. В. Янченко, Г. С. Волкова, Е. В. Куксова, И. И. Вирченко, А. В. Янченко, Е. М. Серба, М. И. Иванова, 2023

Аннотация.
Ферментированные продукты отличаются увеличенным сроком хранения и повышенной питательной ценностью. Для получения квашеной продукции высокого качества, в том числе капусты, определяющую роль играет исходное сырье. Однако не каждый сорт капусты пригоден для переработки. Цель данной работы – охарактеризовать пригодность современных гибридов капусты белокочанной к естественной ферментации по микробиологическим показателям и нативному содержанию сахаров после 4-х месячного хранения кочанов.
Объектами исследования являлись кочаны 12 гибридов капусты белокочанной отечественной селекции и образцы квашеной продукции из них. Опытные партии кочанов хранили 4 месяца при температуре –1–0 °С в стационарном хранилище. Ферментацию капусты проводили при температуре около 21 °С. Успешное брожение определяли по конечному pH ниже 3,6. Содержание сахаров и титруемую кислотность определяли стандартными методами. Для установления количества микроорганизмов применяли метод предельных разведений. Микробиологический посев осуществляли по стандартной методике.
Наибольшее содержание суммы сахаров до ферментации отмечено у очень позднеспелых гибридов Престиж F_1 (5,92 %), Герцогиня F_1 (5,82 %) и Идиллия F_1 (5,28 %), а также у позднеспелого Атлант F_1 (5,49 %). Больше всего сахаров осталось в квашеной капусте у гибридов Престиж F_1 (4,78 %), Континент F_1 (4,30 %) и Герцогиня F_1 (4,07 %). Массовая доля титруемых кислот в расчете на молочную кислоту в среднем по всем исследуемым образцам составила 1,04 %. Выявили различия в химическом составе квашеной капусты в зависимости от гибрида и количества микроорганизмов, присутствующих при брожении. В процессе квашения достигнут высокий уровень содержания молочнокислых бактерий – до $8{,}17\times10^7$ КОЕ/см^3 (для гибрида Северянка F_1). Микробиологический анализ образцов выявил стабильность в отношении нежелательной микрофлоры квашеной продукции – дрожжей и плесеней.
Исследования показали, что все испытанные отечественные гибриды капусты белокочанной пригодны для квашения даже после 4-х месяцев хранения. Для их ферментации и получения продукта с выраженными традиционными органолептическими свойствами достаточно собственной молочнокислой микрофлоры.

Ключевые слова. Капуста белокочанная, качество, ферментация, сахара, молочнокислые бактерии, микробиологические показатели, пищевая ценность

Финансирование: Работа выполнена на базе Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО) в рамках государственного задания по НИР FNRN-2019-0069 «Изучить эффективность действия минеральной и органической систем удобрения на урожайность, качество и сохраняемость различных сортов и гибридов нового поколения капусты белокочанной и цветной, моркови и свеклы столовой на аллювиальной луговой почве Нечерноземной зоны».

Для цитирования: Химический состав и микробиологические показатели квашеной капусты, приготовленной из разных гибридов / Е. В. Янченко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 1. С. 131–139. https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2420

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2420
https://elibrary.ru/FOEDXY

Original article
Available online at https://fptt.ru/en

Chemical Composition and Sensory Profile of Sauerkraut from Different Cabbage Hybrids

Elena V. Yanchenko[1,*], Galina S. Volkova[2,], Elena V. Kuksova[2], Ivan I. Virchenko[1], Aleksey V. Yanchenko[1], Elena M. Serba[2], Maria I. Ivanova[1]**

[1] *All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, Vereya, Russia*

[2] *All-Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology, Moscow, Russia*

Received: 18.04.2022
Revised: 20.06.2022
Accepted: 05.07.2022

**Elena V. Yanchenko: elena_0881@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3165-7238*
***Galina S. Volkova: galina.volkova@bk.ru, https://orcid.org/0000-0003-4051-1828*
Elena V. Kuksova: https://orcid.org/0000-0001-6497-6828
Ivan I. Virchenko: https://orcid.org/0000-0002-2435-0377
Aleksey V. Yanchenko: https://orcid.org/0000-0002-1031-9459
Elena M. Serba: https://orcid.org/0000-0002-1660-2634
Maria I. Ivanova: https://orcid.org/0000-0001-7326-2157

© E.V. Yanchenko, G.S. Volkova, E.V. Kuksova, I.I. Virchenko, A.V. Yanchenko, E.M. Serba, M.I. Ivanova, 2023

Abstract.
Fermented foods have a longer shelf life and higher nutritional value. Sauerkraut products depend on the quality of the raw material. Not every cabbage variety is suitable for processing. The present research objective was to test several cabbage hybrids for natural fermentation, microbiological parameters, and native sugar content after four months of storage.
The study featured twelve new-generation white cabbage hybrids of Russian selection and sauerkraut foods. The experimental batches were stored for four months at –1–0°C. Fermentation occurred at 21°C and final pH ≤ 3.6. The sugar content and titratable acidity were measured by standard methods. The method of limiting dilutions was applied to determine the microbial count. The microbiological seeding process followed standard procedures.
The highest content of total sugars before fermentation belonged to the late-ripening hybrids Prestizh F_1 (5.92%), Gertsoginya F_1 (5.82%), and Idillia F_1 (5.28%), as well as to the late-ripening Atlant F_1 (5.49%). The greatest sugar content was registered in Prestizh F_1 (4.78%), Kontinent F_1 (4.30%), and Gertsoginya F_1 (4.07%). The mass fraction of titratable acids in terms of lactic acid averaged 1.04% for all the samples. The difference in the chemical composition depended on the hybrid and microbial count during fermentation. The lactic acid bacteria content was as high as 8.17×10^7 CFU/cm^3 in Severyanka F_1. All the samples were resistant to undesirable microflora, i.e., yeasts and molds.
All the cabbage hybrids were suitable for fermentation even after four months of storage. Their own lactic microflora was sufficient for fermentation and traditional sensory properties.

Keywords. White cabbage, quality, fermentation, sugars, lactic acid bacteria, microbiological parameters, nutritional value

Funding. The research was performed on the premises of the All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, branch of the Federal Scientific Vegetable Center, as part of research no. FNRN-2019-0069 “Effect of mineral and organic fertilizers on the yield, quality, and storage of new-generation varieties and hybrids of white cabbage, cauliflower, carrot, and beet grown in alluvial meadow non-chernozem soil”.

For citation: Yanchenko EV, Volkova GS, Kuksova EV, Virchenko II, Yanchenko AV, Serba EM, *et al.* Chemical Composition and Sensory Profile of Sauerkraut from Different Cabbage Hybrids. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(1):131–139. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-1-2420

Введение

Капуста белокочанная (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) используется как сырье для перерабатывающей промышленности, а также в традиционной медицине и просто в пищу. Она является главным компонентом борщевой группы овощей в пищевом рационе россиян. Высокопродуктивные гибриды капусты белокочанной могут реализовать свой генетический потенциал по продуктивности, качеству и пригодности к переработке только при

оптимальном уровне минерального питания и правильной технологии возделывания [1–3]. Для квашения используют кочаны среднеспелых сортов и гибридов, которые имеют более сочную консистенцию и больше выделяют сок, что позволяет получить ферментированную продукцию высокого качества. В овощеводческих хозяйствах РФ 60–80 % площадей капусты белокочанной занято позднеспелыми лежкими гибридами, выращивание которых экономически выгодно. В осенний период после сбора урожая заквашиваются большие объемы капусты белокочанной. Однако не всегда целесообразно реализовывать или перерабатывать овощную продукцию в осенний период на пике предложений, т. к. из-за постоянно меняющейся экономической ситуации на рынке может измениться и целевое предназначение овощной продукции. В результате возросшего спроса на ферментированные продукты в январе – феврале может возникнуть необходимость в дополнительных для рынка объемах квашенной продукции. С юга нашей страны в этот период капуста белокочанная еще не поступает, скороспелые сорта зачастую не пригодны для квашения. Для того чтобы люди в полной мере и круглогодично могли употреблять в пищу квашенную капусту, обеспечивающую здоровье нации и улучшающую работу всего организма человека, необходимо обеспечить пищевую промышленность качественным овощным сырьем, пригодным для этих целей. Поэтому актуальной является химико-технологическая и микробиологическая оценка новых гибридов капусты белокочанной на пригодность к квашению после 4-х месяцев хранения.

Производство и характеристики квашеной капусты зависят от резидентного микробного сообщества и условий ферментации. Хотя микробный состав квашеной капусты может варьироваться на начальных этапах ферментации, соответствующие условия ферментации, такие как температура и относительная концентрация ингредиентов, гарантируют, что молочнокислые бактерии являются доминирующими микроорганизмами в конечном ферментированном продукте. Они производят органические кислоты, бактериоцины, витамины и вкусовые соединения, ответственные за характерные органолептические качества ферментированных пищевых продуктов, включая увеличенный срок хранения, вкус и питательную ценность [4, 5]. Кроме того, некоторые молочнокислые бактерии действуют как пробиотики, которые способствуют здоровью человека и стабильности микробиома [6–8].

pH является ключевым фактором, влияющим на изменение структуры микробного сообщества во время ферментации квашеной капусты, который используется для оценки зрелости ферментированной овощной продукции [9, 10]. Естественное брожение начинается с начального размножения бактерии *Leuconostoc mesenteroides*, которая быстро производит углекислый газ и кислоту. Это снижает pH среды, подавляя рост нежелательных микроорганизмов, которые могут вызвать порчу продукта, и сохраняя цвет капусты. Действие *L. mesenteroides* изменяет среду ферментации таким образом, что это способствует преемственности других молочнокислых бактерий, таких как *Lactobacillus brevis* и *Lactobacillus plantarum*. В традиционном производстве квашеной капусты этот процесс протекает при температуре 18 °C в течение одного месяца. Комбинация метаболитов, которые производят эти организмы, приводит к благоприятным сенсорным качествам конечного продукта: уникальным вкусам, ароматам и текстурам, связанным с ферментированными пищевыми продуктам. Температура ферментации играет важную роль в отношении цвета, вкуса и сохраняемости [11]. M. A. Zabat и др. в своем исследовании определили, что род *Weissella* важен для ранних ферментативных процессов [12].

Молочнокислые бактерии как основное бактериальное сообщество обладают ферментами, способными гидролизовать многие компоненты пищи, включая углеводы, белки и липиды, в предшественники аромата и превращать их в различные ароматические соединения [13]. Квашеная капуста имеет такие преимущества для здоровья человека, как улучшение пищеварения и функции кишечника и снижение уровня холестерина [14].

Цель настоящего исследования – охарактеризовать химический состав квашеной капусты, полученной из 12 гибридов четырех сроков спелости капусты белокочанной двухнедельным брожением. Квашение проводили после 4-х месячного хранения кочанов.

Объекты и методы исследования

Полевые и часть лабораторных исследований проводили во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО (N 55°36’ E 38°1’) в 2021–2022 гг. Микробиологические исследования проводили в ВНИИПБТ – филиале ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Объектом исследования являлась квашеная продукция 12 гибридов капусты белокочанной отечественной селекции: Атлант F_1 (ВНИИО), Барыня F_1, Добродей F_1, Киластоп F_1, Орион F_1 и Престиж F_1 (ООО «Селекционная станция имени Н. Н. Тимофеева»), Герцогиня F1, Континент F_1, Орфей F_1 и Яхромский F_1 (ООО Агрофирма «Поиск»), Идиллия F_1 (ООО Агрофирма «Поиск», ВНИИО) и Северянка F_1 (ФГБНУ ФНЦО). Все гибриды выращивали по общепринятой технологии в условиях Нечерноземной зоны РФ. Опытные партии кочанов хранили 4 месяца при температуре –1–0 °C в стационарном хранилище. Квашение капусты осуществляли по рецептуре и технологии в соответствии с технологической инструкцией.

Расход компонентов (кг): капуста белокочанная – 3,0, морковь – 0,15, соль – 0,05. Ферментацию проводили при температуре около 21 °С. Успешное брожение определяли по конечному pH ниже 3,6.

Содержание сахаров в квашеной продукции определяли по ГОСТ 8756.13-87. Изучение морфологических, физиологических, биохимических и технологических свойств исследуемых штаммов проводили стандартными методами. Титруемую кислотность определяли по ГОСТ ISO 750-2013, органолептические свойства – по ГОСТ 8756.1-2017, количество микроорганизмов в посевном материале и культуральной жидкости – методом предельных разведений, микроскопирование препаратов микроскопом Nikon ECLIPSE Ci-S/Ci-L с объективом 40× – по ГОСТ ISO 7218-2015. Засев – по 1 см^3 рассола в каждую чашку Петри – заливали расплавленной средой. Чашки держали в термостате при 24–25 °С 4 суток. Подсчет выросших колоний проводили на автоматическом счетчике колоний Scan 500 Sofware в соответствии с инструкцией фирмы-производителя.

Статистическую обработку проводили методом дисперсионного анализа с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Ферментированные продукты отличаются увеличенным сроком хранения и улучшенными органолептическими свойствами. В результате ферментации микроорганизмами продукты приобретают особую микробиоту, вкусовые и питательные свойства. Самый распространенный продукт из ферментированной капусты – это квашеная капуста. На начальной стадии ферментации продолжительностью 2–3 суток протекают интенсивные процессы дыхания тканей растений, приводящие к закислению среды, быстрому выделению углекислого газа, вызывающего потери, особенно летучих продуктов распада синигрина и глюконапина. Потери этих соединений зависят от физико-химических параметров и процесса ферментации. При правильном протекании естественного брожения через 4–5 суток pH постепенно снижается до 3,4–3,7. Во время самопроизвольной ферментации рост соответствующей бактериальной флоры происходит в конце начальной стадии, когда сок, выделяемый тканями растений, богат компонентами, в том числе сахарами, необходимыми для развития молочнокислых бактерий. Самопроизвольное брожение заканчивается через 7–10 суток [15]. Спирты, тиоцианаты, нитриты и сульфиды являются характерными летучими компонентами квашеной капусты. Среди анализируемых биогенных аминов преобладали тирамин и путресцин. Выявлена положительная корреляция максимального уровня дрожжей при брожении с количеством уксусной кислоты и биогенных аминов [16]. В результате ферментации в процессе брожения содержащиеся в овощах сахара превращаются в молочную и уксусную кислоты, этанол, CO_2, маннит и другие соединения [17].

Установлено, что не каждый сорт капусты пригоден для переработки, даже если он обладает ценными агробиологическими признаками и хорошими вкусовыми свойствами [1]. Кочаны капусты белокочанной должны отвечать следующим хозяйственным признакам: по форме и размеру кочана – однородные; по форме – плоскоокруглые или округлые, массой до 4 кг, с 4–6 кроющими листьями, с неглубоким залеганием кочерыги; по консистенции – плотные (0,65 г/см^3), листья без грубого жилкования; по цвету – внутренние листья белого цвета без фиолетовой пигментации и точечного некроза. Для переработки используют позднеспелые сорта капусты.

Для получения квашеной капусты высокого качества важную роль играет качество исходного сырья. Сравнение результатов биохимических анализов свежих и подвергшихся ферментации кочанов (5 суток) показало, что при ферментации происходят интенсивные биохимические реакции распада сахаров (табл. 1).

В свежих кочанах повышенное содержание суммы сахаров отмечено у очень позднеспелых гибридов Престиж F_1 (5,92 %), Герцогиня F_1 (5,82 %) и Идиллия F_1 (5,2 %), а также у позднеспелого Атлант F_1 (5,49 %). У среднеспелого гибрида Яхромский F_1 и среднепозднего Северянка F_1 к концу 4-х месяцев хранения значение суммы сахаров составило 4,38 и 4,30 % соответственно. Высокая концентрация моносахаров установлена у гибридов Герцогиня F_1 (4,42 %), Идиллия F_1 (4,32 %) и Атлант F_1 (4,22 %). Дисахаров больше всего накапливали Престиж F_1 (1,95 %), Герцогиня F_1 (1,40 %) и Атлант F_1 (1,27 %).

Больше всего суммы сахаров осталось в квашеной капусте у гибридов Престиж F_1 (4,78 %), Континент F_1 (4,30 %) и Герцогиня F_1 (4,07 %). Высокая концентрация моносахаров отмечена у гибридов Герцогиня F_1 (3,12 %) и Престиж F_1 (3,63%). Дисахаров больше всего накапливали Континент F_1 (1,37 %), Престиж F_1 (1,15 %) и Добродей F_1 (1,12 %). Значительное снижение суммы сахаров отмечено в квашеной капусте гибридов Идиллия F_1 (на 54,2 %) и Орфей F_1 (на 40,4 %). Содержание суммы сахаров в квашеной капусте, по сравнению со свежей, снизилось на 30,1 %, дисахаров – на 18,0 %, моносахаров – на 33,6 %.

Из каждого образца квашеной капусты отобрали рассол для проведения анализов (рис. 1).

Приоритетный компонент сырья, влияющий на формирование свойств, – микрофлора, которая превращает сахар в молочную кислоту. Молочная кислота по мере накопления приостанавливает

Таблица 1. Содержание сахаров в образцах свежей и квашеной капусты белокочанной, %

Table 1. Sugars in fresh cabbage and sauerkraut, %

Гибрид	Свежая капуста			Квашеная капуста		
	Моносахара	Дисахара	Сумма сахаров	Моносахара	Дисахара	Сумма сахаров
Среднеспелый						
Яхромский F_1	3,35 ± 0,17	1,03 ± 0,05	4,38 ± 0,22	2,11 ± 0,11	0,61 ± 0,03	2,72 ± 0,14
Среднепоздний						
Северянка F_1	3,36 ± 0,17	0,94 ± 0,05	4,30 ± 0,22	2,39 ± 0,12	0,38 ± 0,02	2,77 ± 0,14
Позднеспелый						
Атлант F_1	4,22 ± 0,21	1,27 ± 0,06	5,49 ± 0,27	2,65 ± 0,13	0,89 ± 0,04	3,54 ± 0,18
Барыня F_1	4,08 ± 0,20	0,53 ± 0,03	4,61 ± 0,23	2,46 ± 0,12	0,87 ± 0,04	3,33 ± 0,17
Добродей F_1	3,93 ± 0,19	0,74 ± 0,04	4,67 ± 0,23	2,43 ± 0,12	1,12 ± 0,06	3,55 ± 0,18
Киластоп F_1	3,91 ± 0,19	0,80 ± 0,04	4,71 ± 0,23	2,91 ± 0,15	1,05 ± 0,05	3,96 ± 0,19
Континент F_1	4,06 ± 0,20	0,83 ± 0,04	4,89 ± 0,24	2,93 ± 0,15	1,37 ± 0,07	4,30 ± 0,22
Орион F_1	4,02 ± 0,20	0,87 ± 0,04	4,89 ± 0,24	2,63 ± 0,13	0,74 ± 0,04	3,37 ± 0,17
Очень позднеспелый						
Герцогиня F_1	4,42 ± 0,22	1,40 ± 0,07	5,82 ± 0,29	3,12 ± 0,16	0,95 ± 0,05	4,07 ± 0,20
Идиллия F_1	4,32 ± 0,22	0,96 ± 0,05	5,28 ± 0,26	2,17 ± 0,11	0,25 ± 0,01	2,42 ± 0,12
Орфей F_1	4,19 ± 0,21	0,70 ± 0,04	4,85 ± 0,24	2,41 ± 0,12	0,48 ± 0,02	2,89 ± 0,15
Престиж F_1	3,97 ± 0,19	1,95 ± 0,10	5,92 ± 0,29	3,63 ± 0,18	1,15 ± 0,06	4,78 ± 0,24
Среднее	3,99 ± 0,19	1,00 ± 0,05	4,98 ± 0,25	2,65 ± 0,13	0,82 ± 0,04	3,48 ± 0,17

Данные статистически достоверны при $p < 0,05$ (n = 3).

The data are statistically significant at $p < 0.05$ (n = 3).

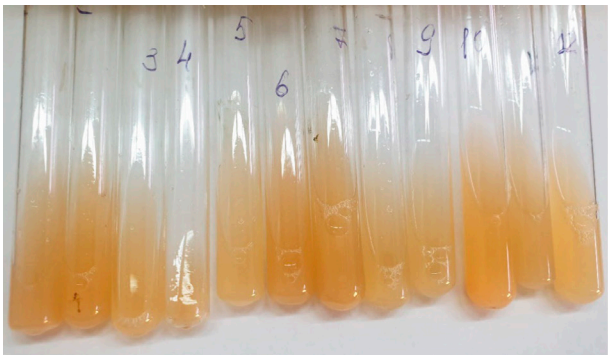

Рисунок 1. Отбор рассола для проведения анализов

Figure 1. Brine selection

развитие других микроорганизмов и оказывает на продукцию консервирующие действие.

В данном исследовании массовая доля титруемых кислот в расчете на молочную кислоту во всех вариантах опыта была на уровне 0,81–1,32 %, в среднем – 1,04 % (табл. 2).

Доля молочнокислых бактерий в квашенной капусте, полученной без использования специальных заквасок, не контролируется и зависит от вида капусты и общей обсемененности всех компонентов. Провели микробиологический посев неразведенного рассола капусты на плотную питательную среду Лактобакагар (производство ФБУН ГНЦ ПМБ, г. Оболенск). Условия культивирования – анаэробно, оптимум pH в термостате – 5,5–5,8, температура культивирования – 36 °C. Результаты посева представлены на рисунках 2–4 и в таблице 2. Для определения количества микроорганизмов провели посев из разведений (рис. 3).

На чашках Петри во всех исследуемых образцах и по микроскопии определяются колонии трех видов молочнокислых бактерий – *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus* sp. и *Lactobacillus brevis*. В предыдущих исследованиях в квашеной капусте, приготовленной из отечественных сортов и гибридов в условиях Московской области, обнаружены *Leuconostoc mesenteroides*, *L. plantarum*, *Lactobacillus cucumeris* и *L. brevis* [18]. *Lactobacillus* могут продуцировать молочную кислоту и различные антимикробные вещества, такие как бактериоцины, которые могут ингибировать в процессе ферментации рост патогенов и микроорганизмов, вызывающих порчу [19, 20]. Высвобождение молочной кислоты молочнокислыми бактериями не только снижает pH и ингибирует микроорганизмы, вызывающие порчу, но оказывает положительное влияние на органолептические характеристики квашеной капусты за счет этерификации спиртами, что уменьшает раздражающий вкус и обеспечивает усиление аромата [21].

Таблица 2. Содержание титруемых кислот в пересчете на молочную кислоту в квашенной капусте, приготовленной из различных гибридов

Table 2. Titratable acids in terms of lactic acid in sauerkraut from various cabbage hybrids

Гибрид	Массовая доля титруемых кислот в расчете на молочную кислоту, %
Среднеспелый	
Яхромский F_1	0,81 ± 0,04
Среднепоздний	
Северянка F_1	0,94 ± 0,05
Позднеспелый	
Атлант F_1	1,20 ± 0,06
Барыня F_1	1,10 ± 0,06
Добродей F_1	0,85 ± 0,04
Киластоп F_1	1,30 ± 0,07
Континент F_1	1,02 ± 0,05
Орион F_1	1,28 ± 0,06
Очень позднеспелый	
Герцогиня F_1	0,85 ± 0,04
Идиллия F_1	0,86 ± 0,04
Орфей F_1	1,32 ± 0,07
Престиж F_1	0,90 ± 0,05
Среднее	1,04 ± 0,05

Данные статистически достоверны при $p < 0,05$ (n = 3).

The data are statistically significant at $p < 0.05$ (n = 3).

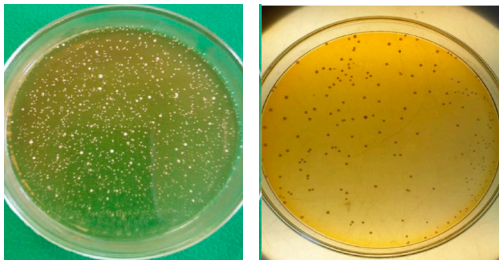

Рисунок 3. Микробиологический посев рассола квашенной капусты (1:5)

Figure 3. Microbiological seeding of sauerkraut brine (1:5)

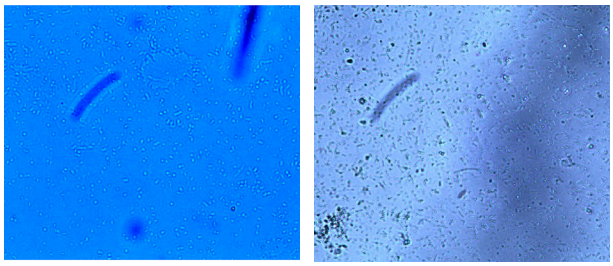

Рисунок 4. Микроскопия рассола квашенной капусты в разведении 1:5 (образцы № 2 и 8)

Figure 4. Microscopy of sauerkraut brine diluted as 1 to 5: samples 2 and 8

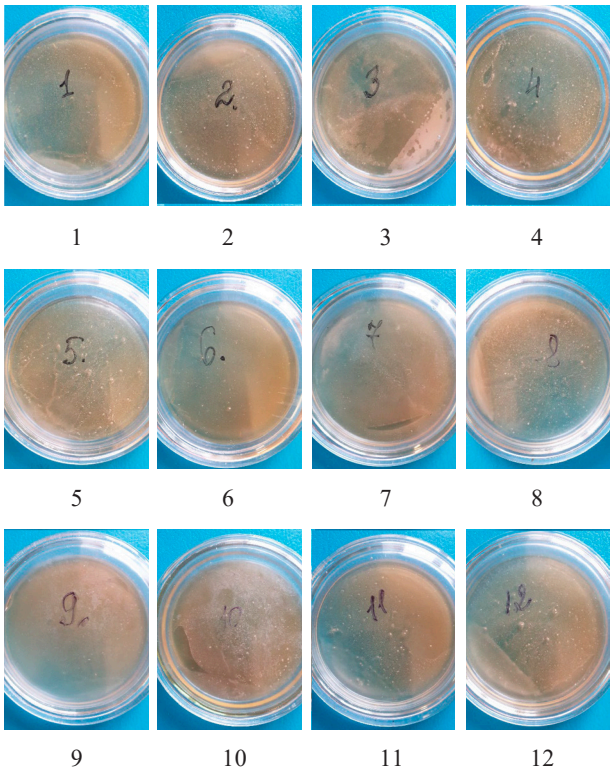

Рисунок 2. Микробиологический посев рассола из представленных образцов (посев рассола без разведения): 1 – Престиж F_1; 2 – Киластоп F_1; 3 – Атлант F_1; 4 – Идиллия F_1; 5 – Яхромский F_1; 6 – Добродей F_1; 7 – Континент F_1; 8 – Северянка F_1; 9 – Барыня F_1; 10 – Герцогиня F_1; 11 – Орион F_1; 12 – Орфей F_1

Figure 2. Microbiological inoculation of undiluted brine: 1 – Prestizh F_1; 2 – Kilastop F_1; 3 – Atlant F_1; 4 – Idillia F_1; 5 – Yakhromskiy F_1; 6 – Dobrodey F_1; 7 – Kontinent F_1; 8 – Severyanka F_1; 9 – Barynya F_1; 10 – Gertsoginya F_1; 11 – Orion F_1; 12 – Orphey F_1

Количество колоний подсчитывали как вручную, так и с помощью автоматического счетчика колоний. Общее количество микроорганизмов в рассоле квашеной капусты варьировалось от $8,17 \pm 0,04 \times 10^7$ (Северянка F_1) до $1,07 \pm 0,03 \times 10^6$ (Атлант F_1) КОЕ/см^3.

Микробное разнообразие зависит не только от процесса ферментации, но и от среды [22]. Провели посев рассола квашеной капусты на наличие в образцах дрожжей и плесеней. Результаты микробиологического посева рассола квашенной капусты по ГОСТ 10444.12-2013 приведены в таблице 4.

Результаты посева показали, что в гибриде Киластоп F_1 присутствует небольшое количество дрожжей. Все испытанные образцы соответствуют микробиологическим требованиям, предъявляемым к пищевым продуктам (ТР ТС 021/2011).

Отсутствие в исследуемых образцах дрожжей и плесеней закономерно, т. к. по мере накопления

Таблица 3. Общее количество микроорганизмов в рассоле капусты квашеной, приготовленной из различных сортов

Table 3. Total microbial count in sauerkraut brine samples

Гибрид	Общее количество микроорганизмов, КОЕ/см^3
Престиж F_1	$1{,}46 \pm 0{,}03 \times 10^6$
Киластоп F_1	$1{,}10 \pm 0{,}03 \times 10^6$
Атлант F_1	$1{,}07 \pm 0{,}03 \times 10^6$
Идиллия F_1	$1{,}10 \pm 0{,}03 \times 10^6$
Яхромский F_1	$1{,}08 \pm 0{,}03 \times 10^6$
Добродей F_1	$9{,}34 \pm 0{,}04 \times 10^6$
Континент F_1	$5{,}67 \pm 0{,}03 \times 10^7$
Северянка F_1	$8{,}17 \pm 0{,}04 \times 10^7$
Барыня F_1	$7{,}36 \pm 0{,}04 \times 10^7$
Герцогиня F_1	$1{,}49 \pm 0{,}03 \times 10^7$
Орион F_1	$2{,}28 \pm 0{,}03 \times 10^7$
Орфей F_1	$2{,}92 \pm 0{,}03 \times 10^7$

Данные статистически достоверны при $p < 0{,}05$ (n = 3)

The data are statistically significant at $p < 0.05$ (n = 3).

Таблица 4. Результаты микробиологического посева на наличие в рассоле квашенной капусты дрожжей и плесеней

Table 4. Microbiological culture results for yeast and mold in sauerkraut brine

Гибрид	Разведение	Дрожжи, КОЕ/см^3	Плесени, КОЕ/см^3
Престиж F_1	10^2	0	0
	10^3	0	0
Киластоп F_1	10^2	$1{,}3 \times 10^3$	0
	10^3	0	0
Атлант F_1	10^2	0	0
	10^3	0	0
Идиллия F_1	10^2	0	0
	10^3	0	0
Яхромский F_1	10^2	0	0
	10^3	0	0
Добродей F_1	10^2	0	0
	10^3	0	0
Континент F_1	10^2	0	0
	10^3	0	0
Северянка F_1	10^2	0	0
	10^3	0	0
Барыня F_1	10^2	0	0
	10^3	0	0
Герцогиня F_1	10^2	0	0
	10^3	0	0
Орион F_1	10^2	0	0
	10^3	0	0
Орфей F_1	10^2	0	0
	10^3	0	0

Данные статистически достоверны при $p < 0{,}05$ (n = 3)

The data are statistically significant at $p < 0.05$ (n = 3).

молочной кислоты постепенно подавляется жизнедеятельность нежелательной микрофлоры, а также преобладают молочнокислые бактерии основного брожения. Наличие в Киластоп F_1 небольшого количества дрожжей допустимо, оно возможно на конечном этапе квашения.

По окончании ферментации и с наступлением периода хранения в квашеной капусте продолжаются микробиологические процессы, свойственные периоду ферментации, но в иных темпах и ином соотношении. Основной процесс – молочнокислое брожение – затухает и после израсходования остатков сахара прекращается. В то же время активизируются побочные процессы – спиртовое и уксуснокислое брожения, которые становятся преобладающими.

Наилучшими вкусовыми достоинствами обладает капуста, в которой процесс брожения не доведен до конца, т. е. до полного сбраживания сахара. Наличие сахара при небольшом количестве кислоты придает капусте приятный винно-солоноватый вкус. Когда брожение заходит более глубоко, т. е. совпадает со временем окончания ферментации, то содержание кислоты в капусте превышает 1 % и доходит до 1,3 %. В этом случае в ней остается от 0,5 до 1 % сахара. Капуста приобретает более острый вкус, но в данном случае острота вкуса смягчается наличием небольшого количества сахара. Вкус можно охарактеризовать как кисловато-солоноватый.

Ферментированные продукты были частью рациона человека на протяжении веков и связаны с различными преимуществами для здоровья, включая долголетие, снижение риска метаболических и иммунно-опосредованных заболеваний и улучшение общего состояния здоровья. Ежедневное потребление квашеной капусты в течение шести недель вызывает изменения в микробном составе кишечника, сопровождающиеся улучшением желудочно-кишечных симптомов у пациентов с синдромом раздраженного кишечника. Квашение (ферментация) повышает питательную ценность пищевых продуктов: в процессе ферментации синтезируются полезные лактобактерии и сохраняются витамины, биологически активные пептиды и фитохимические вещества. Для овощей молочнокислое брожение является распространенным типом брожения. Например, для производства квашеной капусты. В процессе ферментации молочнокислые бактерии превращают углеводы, содержащиеся в сырых овощах, в молочную кислоту. Это приводит к падению pH, что предотвращает рост нежелательных микробов, таких как плесень, и неправильное брожение. Квашеную капусту и другие ферментированные овощи обычно производят путем добавления солевого раствора. Исследования показали, что все испытанные отечественные гибриды капусты белокочанной пригодны для квашения даже после длительного хранения.

Выводы

Испытанные отечественные гибриды капусты белокочанной могут быть заквашены собственной молочнокислой микрофлорой, без применения специальных заквасок для квашения овощей, с получением продукта с выраженными традиционными органолептическими свойствами.

На основании результатов эксперимента показано, что в процессе квашения достигается высокий уровень содержания молочнокислых бактерий – до 8,17×10^7 КОЕ/$см^3$ (для гибрида Северянка F_1). Микробиологический анализ образцов выявил стабильность в отношении нежелательной микрофлоры квашеных овощей – дрожжей и плесеней.

При хранении образцов продукции микрофлора квашенной капусты остается однородной и в активной фазе цикла развития.

Все испытанные отечественные гибриды капусты белокочанной пригодны для квашения даже после 4-х месяцев хранения.

Критерии авторства

Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также в анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors contributed equally to the research design, experimental studies, data analysis, and drafting.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Gasparyan, S. Gasparyan I. Influence of ultrasound on storage times of fermented cabbage. Proceedings of 19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development; 2020; Jelgava. Jelgava; 2020. p. 1807–1812. https://doi.org/10.22616/ERDev.2020.19.TF482

2. Bebris AR, Virchenko II, Yanchenko EV, Yanchenko AV. Productivity, quality and preservation of varieties and hybrids of white cabbage of different groups of ripeness. North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking: Scientific Research. 2020;29:95–100. (In Russ.). https://doi.org/10.30679/2587-9847-2020-29-95-100

3. Ivanova MI, Yanchenko EV, Yanchenko AV, Virchenko II. Quality and optimal shelf life of late season green cabbage. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(4):690–700. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-690-700

4. Bajpai VK, Rather IA, Majumder R, Alshammari FH, Nam G-J, Park Y-H. Characterization and antibacterial mode of action of lactic acid bacterium *Leuconostoc mesenteroides* HJ69 from kimchi. Journal of Food Biochemistry. 2017;41(1). https://doi.org/10.1111/jfbc.12290

5. Lee Y-D. Fermented property and antioxidative effect of GABA producing *Lactobacillus plantarum* from kimchi. Journal of Food Hygiene and Safety. 2021;36(5):440–446. https://doi.org/10.13103/JFHS.2021.36.5.440

6. Park J-S, Joe I, Rhee PD, Jeong C-S, Jeong G. A lactic acid bacterium isolated from kimchi ameliorates intestinal inflammation in DSS-induced colitis. Journal of Microbiology. 2017;55(4):304–310. https://doi.org/10.1007/s12275-017-6447-y

7. Kavas N. Yogurt-like product from lupine (*Lupinus albus* L.) milk as an alternative to dairy products. Foods and Raw Materials. 2022;10(2):377–385. https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-2-546

8. Ganina VI, Mashentseva NG, Ionova II. Bacteriophages of lactic acid bacteria. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(2):361–374. (In Russ.). https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-2-2371

9. Li Q, Kang J, Ma Z, Li X, Liu L, Hu X. Microbial succession and metabolite changes during traditional serofluid dish fermentation. LWT. 2017;84:771–779. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.051

10. Lee H, Yoon H, Ji Y, Kim H, Park H, Lee J, *et al.* Functional properties of *Lactobacillus* strains isolated from kimchi. International Journal of Food Microbiology. 2011;145(1):155–161. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.12.003

11. Bell V, Ferrão J, Fernandes T. Nutritional guidelines and fermented food frameworks. Foods. 2017;6(8). https://doi.org/10.3390/foods6080065

12. Zabat MA, Sano WH, Wurster JI, Cabral DJ, Belenky P. Microbial community analysis of sauerkraut fermentation reveals a stable and rapidly established community. Foods. 2018;7(5). https://doi.org/10.3390/foods7050077

13. Thierry A, Pogacic T, Weber M, Lortal S. Production of flavor compounds by lactic acid bacteria in fermented foods. In: Mozzi F, Raya RR, Vignolo GM, editors. Biotechnology of lactic acid bacteria: Novel applications. New York: John Wiley and Sons; 2015. pp. 314–340. https://doi.org/10.1002/9781118868386.ch19

14. Rabie MA, Siliha H, el-Saidy S, el-Badawy AA, Malcata FX. Reduced biogenic amine contents in *sauerkraut* via addition of selected lactic acid bacteria. Food Chemistry. 2011;129(4):1778–1782. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.106

15. Soldatenko AV, Ivanova MI, Bondareva LL, Tareeva MM. Cabbage leafy vegetables. Moscow: FGBNU FNTsO; 2022. 296 p. (In Russ.). [Капустные зеленные овощи / А. В. Солдатенко [и др.] // М.: ФГБНУ ФНЦО, 2022. 296 с.].

16. Satora P, Skotniczny M, Strnad S, Piechowicz W. Chemical composition and sensory quality of sauerkraut produced from different cabbage varieties. LWT. 2021;136. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110325

17. Jung SY, Lee DS, An DS. Design of CO_2 absorber mix tuned for ripening of packaged kimchi. Korean Journal of Packaging Science and Technology. 2021;27(1):35–40. https://doi.org/10.20909/kopast.2021.27.1.35

18. Tereshonok VI, Markarova MYu, Posokina NE, Bondareva LL, Nadezhkin SM. Influence of varietal characteristics the cabbage in the quality of the products used for pickling after a long storage period. Vegetable Crops of Russia. 2019;50(6):91–95. (In Russ.). https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-6-91-95

19. Huang Z-R, Guo W-L, Zhou W-B, Li L, Xu J-X, Hong J-L, *et al.* Microbial communities and volatile metabolites in different traditional fermentation starters used for Hong Qu glutinous rice wine. Food Research International. 2019;121:593–603. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.024

20. Turpin W, Humblot C, Guyot J-P. Genetic screening of functional properties of lactic acid bacteria in a fermented pearl millet slurry and in the metagenome of fermented starchy foods. Applied and Environmental Microbiology. 2011;77(24):8722–8734. https://doi.org/10.1128/AEM.05988-11

21. Xu X, Bao Y, Wu B, Lao F, Hu X, Wu J. Chemical analysis and flavor properties of blended orange, carrot, apple and Chinese jujube juice fermented by selenium-enriched probiotics. Food Chemistry. 2019;289:250–258. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.068

22. Zhu Y, Zhang F, Zhang C, Yang L, Fan G, Xu Y, *et al.* Dynamic microbial succession of Shanxi aged vinegar and its correlation with flavor metabolites during different stages of acetic acid fermentation. Scientific Reports. 2018;8. https://doi.org/10.1038/s41598-018-26787-6