

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ *LEUCONOSTOC LACTIS* ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОГО ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ НА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ ЭТАПЕ ФЕРМЕНТАЦИИ

Ж.А. Семенова, А.Ю. Колоколова, В.В. Кондратенко,
Н.Е. Посокина, О.Ю. Лялина

ВНИИТеК – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН,
г. Видное, Россия

Работа посвящена изучению применения заквасочной культуры молочнокислых микроорганизмов *Leuconostoc lactis* для управляемого процесса ферментации белокочанной капусты на предварительном этапе ферментации. В настоящей работе рассмотрено влияние ключевых факторов (начальное количество внесенной культуры и химический состав модельных сред на основе белокочанной капусты) на динамику развития культуры в ходе предварительного этапа ферментации. Результаты исследований показали, что при использовании культуры *Leuconostoc lactis* достижение точки перехода положительных скоростей в отрицательные при сравнении образцов с низкими использованными начальными концентрациями микроорганизмов и образцов с высокими начальными концентрациями различается приблизительно в 1,5 раза. С точки зрения динамики скорости изменения концентраций микроорганизмов в модельных средах с различным химическим составом развитие культуры не зависит ни от состава субстрата, ни от начальной концентрации микроорганизмов, поскольку показатель сравнения скоростей развития микроорганизмов в процессе культивирования в базовой и модифицированной модельных средах в случае как низкой, так и высокой начальной концентрации микроорганизмов не выходит за пределы зоны инвариантности отклика за исключением двух незначительных областей. С точки зрения сравнения концентраций микроорганизмов в различных модельных средах, изменяя состав среды, мы можем влиять на динамику развития культуры при условии, что используется низкая начальная концентрация микроорганизмов. Как следствие, это имеет смысл для малотоннажных производств, у которых неоднородности среды будут малы. В свою очередь, возможная выраженная неоднородность состава среды, проявляющаяся в разных областях объема, может сказаться на общей эффективности развития культуры. При этом высокая начальная концентрация молочнокислых микроорганизмов в силу своей установленной инвариантности нечувствительна к подобным условиям, что должно положительно сказаться на эффективности крупнотоннажного промышленного производства.

Ключевые слова: молочнокислые бактерии, *Leuconostoc lactis*, предварительный этап ферментации, белокочанная капуста сорта «Парус», модельные среды, субстрат, динамика развития культуры, скорость, концентрация микроорганизмов, показатель сравнения.

Введение

Современное крупномасштабное промышленное производство ферментированных продуктов питания требует устойчивого качества готовой продукции. Для контроля и управления процессом ферментации, для повышения надежности и воспроизводимости этого процесса изготовители ферментированной пищевой продукции зачастую используют заквасочные культуры. Капуста – широко распространенное отечественное растительное сырье, а квашеная капуста потребляется как в России, так и за рубежом. В настоящее время требуется изучение возможности и условий реализации управляемого про-

цесса ферментирования капусты с целью интенсификации и обеспечения гарантированно высокого качества [1–5].

К основным молочнокислым бактериям, участвующим в ферментации овощей, относятся лактобациллы, лейконостоки и педиококки. бактерии родов *Lactobacillus*, *Leuconostoc* и *Pediococcus*. Детали природы процесса ферментации капусты, в который вовлечены присутствующие естественным образом в сырье микроорганизмы, описаны уже давно. Процесс производства квашеной капусты зависит от преемственности микроорганизмов, которые присутствуют в сырье. Некоторые микроорганизмы размножаются в начале

ферментации, выполняют определенную функцию, а затем исчезают, другие – начинают свое развитие позже, рост их зависит от условий, созданных ранее выросшими микроорганизмами. Эпифитная микрофлора капусты представлена не только молочнокислыми бактериями, но и другими родами и видами бактерий, поэтому в процессе изготовления квашеной капусты необходимо создавать благоприятные условия для развития преимущественно молочнокислых бактерий с целью подавления роста потенциальных возбудителей порчи. На первом (предварительном) этапе естественной ферментации капусты развиваются молочнокислые микроорганизмы рода *Leuconostoc*, затем на основном этапе ферментации развиваются *Lactobacillus plantarum* и *Lactobacillus brevis* [2, 4, 6].

С точки зрения хода развития микроорганизмов их рост наблюдается до тех пор, пока концентрации питательных компонентов не станут лимитирующими, или пока в ферментируемом продукте концентрация продуктов метаболизма не достигнет критического уровня, подавляющего микроорганизмы [7]. Качество и количество вносимой культуры в значительной мере определяют результат ферментации. Состав среды также немаловажен при выборе оптимального режима ферментации, он обуславливает скорость размножения и конечный выход продуктов [6, 8]. Понимание происходящих под действием микроорганизмов изменений в сырье позволяет воздействовать на биохимические процессы, происходящие в сырье и получать заданный продукт [9].

В нашем институте проведены работы по исследованию динамики развития культуры *Leuconostoc lactis* на модельных средах на основе белокочанной капусты сорта «Парус». *Leuconostoc lactis* – это грамположительные, каталазоотрицательные, гетероферментативные кокки. Бактерии рода *Leuconostoc* обитают главным образом на растительных материалах, иногда в молоке. Гетероферментативные молочнокислые бактерии играют значительную роль при образовании соединений, способствующих получению продукта с хорошим вкусом и ароматом, являющимися важнейшими характеристиками пищи [4, 10, 11, 12].

Целью данной работы являлось изучение динамики развития молочнокислых бактерий *Leuconostoc lactis* ВКПМ В-12150 на овощном

субстрате. Для выполнения поставленной цели необходимо было решить несколько задач: 1) изучить эффективность начального количества заквасочной культуры микроорганизмов для оптимального хода процесса ферментации; 2) изучить степень влияния химического состава субстрата на процесс ферментации.

Объекты и методы исследований

Для приготовления объектов исследования был взят субстрат, представлявший собой измельченную и стерилизованную белокочанную капусту сорта «Парус» с добавлением в нее NaCl из расчета 1,5 % и аскорбиновой кислоты из расчета 35 мг на 100 г сырья (модифицированная модельная среда (ММС)) или с отсутствием этих добавок (базовая модельная среда (БМС)).

В качестве культуры молочнокислых микроорганизмов была выбрана культура *Leuconostoc lactis* с регистрационным номером в коллекции ВКПМ: В 12150, происхождение штамма: NRRL В-3468, ATCC19256, DSM 20202. Штамм был приобретен из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов ГосНИИгенетика. Для подготовки культуры для проведения исследования использовали оптимальные для этой культуры питательные среды MRS (жидкую и агаризованную), произведенные фирмой «HiMedia Laboratories Private Limited», Индия.

Были подготовлены два вида суспензий микроорганизмов, различающиеся по концентрации микроорганизмов (жизнеспособных клеток культуры). Подготовленные суспензии вносили в количестве 2 % от массы субстрата.

В результате были приготовлены четыре объекта исследования, а именно:

- объект 1: БМС, инокулированная культурой с низкой начальной концентрацией клеток;
- объект 2: ММС, инокулированная культурой с низкой начальной концентрацией клеток;
- объект 3: БМС, инокулированная культурой микроорганизмов с высокой начальной концентрацией клеток;
- объект 4: ММС, инокулированная культурой микроорганизмов с высокой начальной концентрацией клеток.

Из полученных инокулированных субстратов отбирали пробы в трех повторностях для определения концентрации жизнеспособных клеток культуры (число молочнокислых микроорганизмов, присутствующих в 1 г пробы (КОЕ/г)), а затем каждый вариант иноку-

лированного субстрата расфасовывали по 20 г в 15 стерильных чашек Петри из расчета 5 точек отбора в трех повторностях и ферментировали в течение 7 суток при температуре $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ (моделируя температуру процесса предварительного этапа ферментации при квашении капусты). Отбор проб для определения концентрации клеток микроорганизмов проводили по прошествии 3, 4, 5, 6 и 7 суток ферментирования (5 точек отбора).

Концентрации жизнеспособных клеток в отбираемых пробах сразу после инокуляции и в ходе ферментации определяли по формуле с учетом методик, изложенных в ГОСТ 10444.11-2013 [13], ГОСТ ISO 7218-2015 [14] и ГОСТ 26670-91 [15], на каждое разведение использовали две параллельные чашки:

$$N = \frac{\sum C}{V \cdot [n_1 + (0,1 \cdot n_2)] \cdot d} \quad (1)$$

где N – концентрация жизнеспособных клеток культуры в ферментируемом продукте, КОЕ/г; $\sum C$ – сумма среднеарифметических значений колоний из первого выбранного последовательного разведения первого, второго и третьего образцов (повторностей) и среднеарифметических значений из второго выбранного последовательного разведения первого, второго и третьего образцов; V – объем посевого материала, внесенного в каждую чашку, см^3 ; d – коэффициент разведения, соответствующий первому выбранному разведению, n_1 – число, равное сумме числа чашек, отобранных для первого выбранного разведения всех трех образцов, деленной на 2; n_2 – то же, что n_1 , только для второго выбранного разведения.

Обработку результатов микробиологических исследований проводили в несколько этапов: 1) определение функций, которые наиболее адекватно аппроксимируют экспериментальные данные, с помощью программы TableCurve 2D; 2) аналитический расчёт функций скоростей изменения концентрации микроорганизмов в процессе ферментации; 3) расчет показателей сравнения концентраций микроорганизмов в базовой и модифицированной среде $k_{(N)}$, а также показателей сравнения скоростей развития микроорганизмов в процессе культивирования в ММС и БМС $k_{(v)}$.

Функцию скорости изменения концентрации микроорганизмов определяли путем нахождения первой производной функциональной зависимости концентрации микроорганизмов от продолжительности культивирования в соответствии с формулой:

$$v(\tau) = N'(\tau), \quad (2)$$

где $v(\tau)$ – функция скорости изменения концентрации микроорганизмов, [КОЕ/г·час]; $N'(\tau)$ – первая производная функциональной зависимости концентрации микроорганизмов от продолжительности культивирования, [КОЕ/г·час].

Для правильного сопоставления полученных данных скорости были преобразованы, а именно сначала были рассчитаны удельные скорости (т.е. темпы изменения этого показателя в расчете на 1 КОЕ), а затем были рассчитаны приведенные скорости (т.е. темпы изменения показателя в расчете на эталонное значение концентрации микроорганизмов). Формула для расчета приведенной скорости представлена ниже:

$$v_{i \text{ приведен}} = \frac{v_i \cdot N_{\text{эталон}}}{N_i}, \quad (3)$$

где v_i – скорость изменения концентрации микроорганизмов в i -й момент времени, КОЕ/г·час; N_i – концентрация микроорганизмов в i -й момент времени, КОЕ/г; $N_{\text{эталон}}$ – эталонное значение концентрации микроорганизмов, равное 10^8 КОЕ/г.

Для наглядности отображения на графиках функции изменения скоростей были преобразованы в соответствии с выражением:

$$V(\tau) = \begin{cases} v_{\text{привед}}(\tau), & \text{если } v_{\text{привед}}(\tau) \geq 0 \\ |v_{\text{привед}}(\tau)|, & \text{если } v_{\text{привед}}(\tau) < 0 \end{cases}. \quad (4)$$

Для оценки продуктивности использования изучаемых сочетаний концентраций микроорганизмов и сред были введены показатель сравнения концентраций микроорганизмов в базовой и модифицированной среде $k_{(N)}$, положительное значение которого характеризует преимущество концентрации микроорганизмов в ММС по сравнению с БМС, а также показатель сравнения скоростей развития микроорганизмов в процессе культивирования в ММС и БМС $k_{(v)}$, положительное значение которого характеризует преимущество скорости в ММС перед скоростью в БМС. Эти два показателя сравнения рассчитываются согласно формулам:

$$k_{(N)} = \lg \left(\frac{N_{i \text{ ММС}}}{N_{i \text{ БМС}}} \right), \quad (5)$$

где $k_{(N)}$ – показатель сравнения концентраций микроорганизмов в базовой и модифицированной среде; $N_{i \text{ ММС}}$ – концентрация жизнеспособных клеток *L. lactis* в ММС в i -й момент времени; $N_{i \text{ БМС}}$ – концентрация жизнеспособных клеток *L. lactis* в БМС в i -й момент времени.

$$k_{(v)} = \begin{cases} \lg\left(\frac{v_{i \text{ привед ММС}}}{v_{i \text{ привед БМС}}}\right), v_{i \text{ привед ММС}} > 0 \text{ и } v_{i \text{ привед БМС}} > 0 \\ \lg\left(\frac{v_{i \text{ привед БМС}}}{v_{i \text{ привед ММС}}}\right), v_{i \text{ привед ММС}} < 0 \text{ и } v_{i \text{ привед БМС}} < 0 \\ \lg(|v_{i \text{ привед ММС}} \cdot v_{i \text{ привед БМС}}|), v_{i \text{ привед ММС}} > 0 \text{ и } v_{i \text{ привед БМС}} < 0 \\ \lg\left(\frac{1}{|v_{i \text{ привед ММС}} \cdot v_{i \text{ привед БМС}}|}\right), v_{i \text{ привед ММС}} < 0 \text{ и } v_{i \text{ привед БМС}} > 0 \\ \lg(v_{i \text{ привед ММС}}), v_{i \text{ привед ММС}} > 0 \text{ и } v_{i \text{ привед БМС}} = 0 \\ \lg\left(\frac{1}{v_{i \text{ привед ММС}}}\right), v_{i \text{ привед ММС}} < 0 \text{ и } v_{i \text{ привед БМС}} = 0 \\ \lg\left(\frac{1}{v_{i \text{ привед БМС}}}\right), v_{i \text{ привед ММС}} = 0 \text{ и } v_{i \text{ привед БМС}} > 0 \\ \lg(|v_{i \text{ привед БМС}}|), v_{i \text{ привед ММС}} = 0 \text{ и } v_{i \text{ привед БМС}} < 0 \\ 0, v_{i \text{ привед ММС}} = 0 \text{ и } v_{i \text{ привед БМС}} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

где $k_{(v)}$ – показатель сравнения скоростей развития микроорганизмов в процессе культивирования в ММС и БМС; $v_{i \text{ привед ММС}}$ – приведенная скорость изменения концентрации микроорганизмов при культивировании в ММС в i -й момент времени; $v_{i \text{ привед БМС}}$ – приведенная скорость изменения концентрации микроорганизмов при культивировании в БМС в i -й момент времени.

Нами принято условие, что на графиках динамик показателей сравнения диапазоны от $-1,0$ до $+1,0$ говорят об инвариантности отклика в сравниваемых вариантах.

Результаты и их обсуждение

Выработанные четыре объекта исследования (а именно два образца на основе БМС и ММС с низкими начальными концентрациями жизнеспособных клеток культуры (варианты 1 и 2), а также два образца на основе БМС и ММС с высокими начальными концентрациями (варианты 3 и 4) имели следующие концентрации жизнеспособных клеток *L. lactis*:

вариант 1: БМС с начальной концентрацией жизнеспособных клеток *L. lactis* $2,0 \cdot 10^3$ КОЕ/г;

вариант 2: ММС с начальной концентрацией жизнеспособных клеток *L. lactis* $2,4 \cdot 10^4$ КОЕ/г;

вариант 3: БМС с начальной концентрацией жизнеспособных клеток *L. lactis* $3,4 \cdot 10^5$ КОЕ/г;

вариант 4: ММС с начальной концентрацией жизнеспособных клеток *L. lactis* $2,2 \cdot 10^6$ КОЕ/г.

Данные по концентрациям микроорганизмов на протяжении предварительного этапа ферментации представлены в табл. 1.

Анализ полученных данных показал, что для всех вариантов исследования наиболее адекватно данные могут быть аппроксимированы функцией вида:

$$N(\tau) = e^{(a+c\tau)/(1+b\tau+d\tau^2)}, \quad (7)$$

где a – константа; b , c и d – коэффициенты уравнения; e – основание натурального логарифма; τ – продолжительность культивирования, часы.

Характеристики функций для каждого варианта исследований представлены в табл. 2.

На основе полученной зависимости (формула (7)) и коэффициентов уравнения (см. табл. 2) были получены динамики концентраций микроорганизмов, которые представлены на рис. 1.

Скорости нарастания и убывания концентраций жизнеспособных клеток *L. lactis*, рассчитанные по формуле (3) и для удобства восприятия преобразованные по формуле (4), представлены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, скорости одинаковы во всех четырех вариантах исследования с той лишь разницей, что при использовании низких начальных концентраций микроорганизмов скорости в БМС и ММС положительны до 120 часов ферментации, а при использовании высоких начальных концентраций скорости положительны до 82 часов, т. е. достижение точки перехода положительных скоростей в отрицательные у образцов с низкими начальными концентрациями микроорганизмов и образцов с высокими концентрациями различается приблизительно в 1,5 раза.

Показатели сравнения скоростей развития культуры в процессе культивирования в ММС и БМС, рассчитанные по формуле (6), представлены на рис. 3.

Таблица 1
Концентрации микроорганизмов, выраженные в КОЕ/г, на протяжении предварительного этапа ферментации

| Время ферментации, часы | Низкие начальные концентрации жизнеспособных клеток <i>L. lactis</i> , КОЕ/г | | Высокие начальные концентрации жизнеспособных клеток <i>L. lactis</i> , КОЕ/г | |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| | БМС | ММС | БМС | ММС |
| 0 | $2,0 \cdot 10^3$ | $2,4 \cdot 10^4$ | $3,4 \cdot 10^5$ | $2,2 \cdot 10^6$ |
| 72 | $1,4 \cdot 10^6$ | $1,1 \cdot 10^7$ | $8,4 \cdot 10^7$ | $2,6 \cdot 10^7$ |
| 96 | $5,2 \cdot 10^8$ | $5,6 \cdot 10^6$ | $6,1 \cdot 10^8$ | $4,1 \cdot 10^7$ |
| 120 | $7,6 \cdot 10^7$ | $3,6 \cdot 10^6$ | $1,2 \cdot 10^7$ | $9,6 \cdot 10^6$ |
| 144 | $4,5 \cdot 10^7$ | $3,6 \cdot 10^6$ | $8,7 \cdot 10^4$ | $1,4 \cdot 10^5$ |
| 168 | $1,0 \cdot 10^7$ | $2,8 \cdot 10^6$ | $2,8 \cdot 10^4$ | $4,1 \cdot 10^4$ |

Таблица 2
Характеристики функций для всех вариантов исследования

| Вид модельной среды | Начальная концентрация <i>L. lactis</i> | Коэффициенты уравнения | | | | r^2 | $P > t $ |
|---------------------|-----------------------------------------|------------------------|----------|----------|---------|---------|-----------|
| | | a | b | c | d | | |
| ММС | Высокая | 14.61751 | -0.00715 | -0.06196 | 0.00002 | 1.00000 | 0.00000 |
| БМС | | 12.74646 | -0.00912 | -0.03063 | 0.00004 | 1.00000 | 0.00000 |
| ММС | Низкая | 10.08581 | -0.00186 | 0.06844 | 0.00003 | 1.00000 | 0.00000 |
| БМС | | 7.60090 | -0.01047 | -0.01791 | 0,00004 | 1.00000 | 0.00000 |

Примечание: r^2 – множественный коэффициент детерминации; $P > |t|$ – вероятность ошибки коэффициента по критерию Стьюдента.

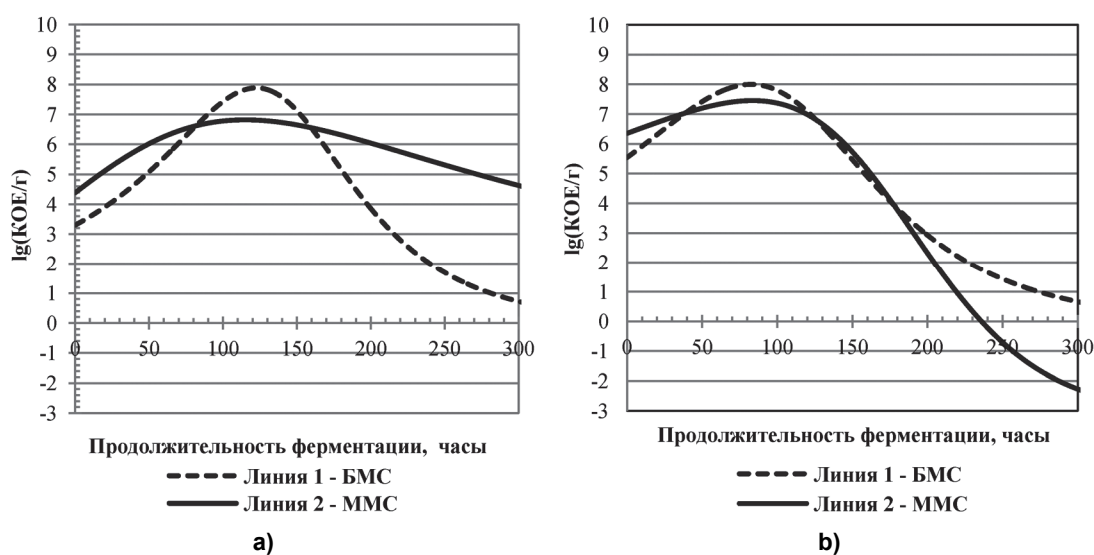


Рис. 1. Динамики концентраций жизнеспособных клеток культуры *L. lactis*, на различных модельных средах, а) низкие начальные концентрации микроорганизмов, б) высокие начальные концентрации микроорганизмов

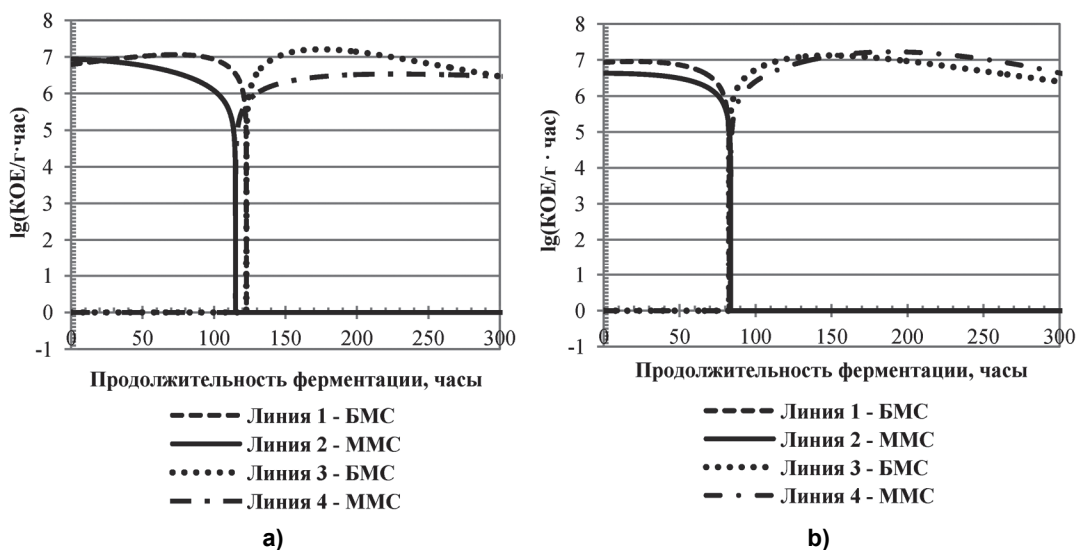


Рис. 2. Динамики скоростей нарастания (линии 1 и 2) и убывания (линии 3 и 4) концентрации жизнеспособных клеток *L. lactis* на различных модельных средах, а) низкие начальные концентрации жизнеспособных клеток культуры, б) высокие начальные концентрации жизнеспособных клеток культуры



Рис. 3. Динамики показателей сравнения скоростей развития микроорганизмов в процессе культивирования в ММС и БМС

Как видно из рис. 3, в случае использования *L. lactis* с точки зрения сравнения скоростей в ММС и БМС наблюдается инвариантность динамики развития культуры как в отношении состава субстрата, так и в отношении начальной концентрации жизнеспособных клеток культуры.

На рис. 4 представлены динамики показателей сравнения концентраций микроорга-

низмов в БМС и ММС, рассчитанные по формуле (5).

Как видно из рисунка, в образцах с низкой начальной концентрацией микроорганизмов культура в пределах 120 часа показывает чувствительность (вариативность), которая выражается в том, что культура находится в стрессе к натрию хлорид и витамину С, а в начале ферментации и после 180 часа показы-

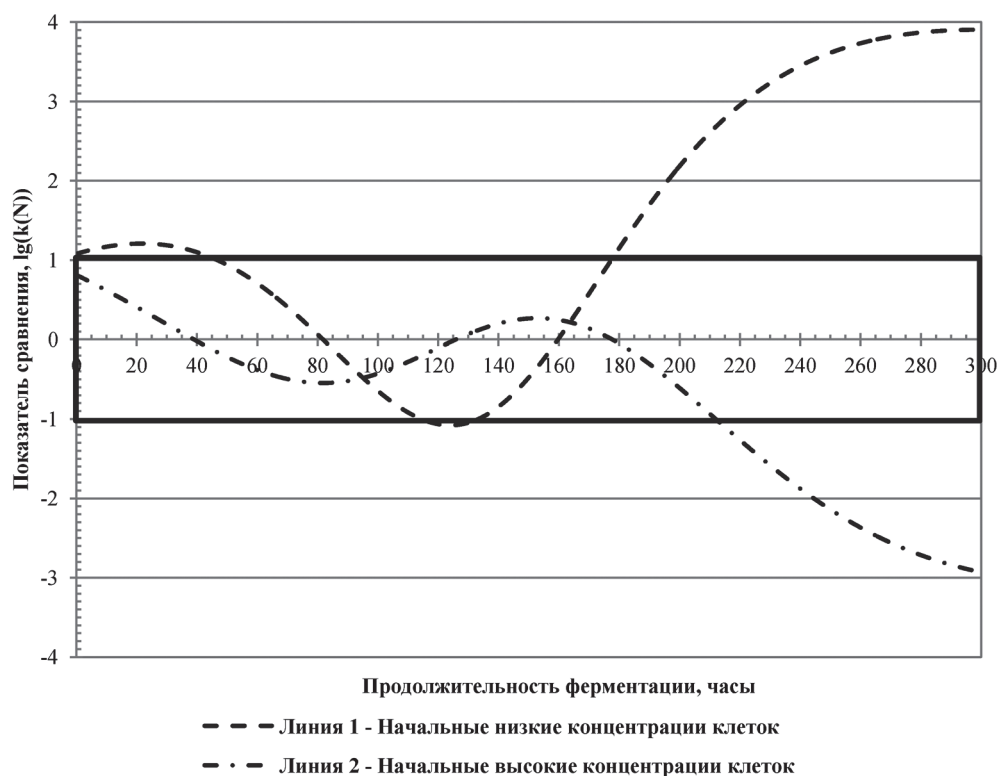


Рис. 4. Динамики показателей сравнения концентраций микроорганизмов в БМС и ММС

вает чувствительность (вариативность), которая выражается в том, что культура находится в стрессе при их отсутствии. Культура с высокой начальной концентрацией микроорганизмов инвариантна к среде вплоть до 210 часа, и только потом проявляет чувствительность (вариативность), выражающуюся в том, что культура находится в стрессе в присутствии соли и витамина С. Таким образом можно сделать вывод о том, что с точки зрения концентраций микроорганизмов в ММС и БМС, изменяя состав среды, мы можем влиять на динамику развития культуры при условии, что используется низкая начальная концентрация микроорганизмов. Как следствие, это имеет смысл для малотоннажных производств, у которых неоднородности среды будут малы. В свою очередь, возможная выраженная неоднородность состава среды, проявляющаяся в разных областях объема, может сказаться на общей эффективности развития культуры. При этом высокая начальная концентрация микроорганизмов в силу своей установленной инвариантности нечувствительна к подобным условиям, что должно положительно сказаться на эффективности крупнотоннажного промышленного производства.

Выводы

1. При использовании культуры *Leuconostoc lactis* достижение точки перехода положительных скоростей в отрицательные у образцов с низкими начальными концентрациями микроорганизмов и образцов с высокими концентрациями различается приблизительно в 1,5 раза.

2. С точки зрения сравнения скоростей изменения концентраций микроорганизмов в модельных средах с различным химическим составом развитие культуры не зависит ни от состава субстрата, ни от начальной концентрации микроорганизмов.

3. С точки зрения сравнения концентраций жизнеспособных клеток культуры, изменяя состав среды, мы можем влиять на динамику развития микроорганизмов при условии, что используется низкая начальная концентрация микроорганизмов. Как следствие, это имеет смысл для малотоннажных производств, у которых неоднородности среды будут малы. В свою очередь, возможная выраженная неоднородность состава среды, проявляющаяся в разных областях объема, может сказаться на общей эффективности развития культуры. При этом высокая начальная кон-

центрация микроорганизмов в силу своей установленной инвариантности нечувствительна к подобным условиям, что должно положительно сказаться на эффективности крупнотоннажного промышленного производства.

Литература

1. Совершенствование методологии выявления вида взаимодействия молочнокислых микроорганизмов в консорциумах на разных этапах культивирования / А.Ю. Грачева [и др.] // *Современные подходы к получению и переработке сельскохозяйственной продукции – гарантия продовольственной независимости России: материалы X Международной конференции молодых ученых и специалистов (Москва, 27 октября 2016 г.)*. – М.: ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова», 2016. – С. 61–67.
2. *Настольная книга производителя и переработчика плодоовощной продукции* / Н.К. Синха [и др.]; под ред. Н.К. Синха, И.Г. Хью; перевод с англ. яз. – СПб.: Профессия, 2013. – 896 с.
3. Евдокимова, О.В. *Методология создания и продвижения на потребительский рынок функциональных пищевых продуктов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15* / О.В. Евдокимова. – Краснодар, 2011. – 40 с. – Режим доступа: <https://dlib.rsl.ru/01005007548>, свободный (дата обращения: 19.07.2018).
4. Hutkins, R.W. *Microbiology and technology of fermented foods* / R.W. Hutkins. – 1-е изд. – IFT Press Blackwell Publishing, 2006. – 473 с.
5. Абдрахманова, Р.Н. *Стартовые культуры микроорганизмов в технологии производства мясопродуктов* / Р.Н. Абдрахманова, Т.Н. Зайцева // *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2012. – № 1(30). – С. 71–73.
6. *Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения: учебник* / О.А. Неверова [и др.]. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 318 с.
7. Сироткин, А.С. *Теоретические основы биотехнологии: учебно-методическое пособие* / А.С. Сироткин, В.Б. Жукова. – Казань: Казан. гос. технол. ун-т, 2010. – 87с.
8. Бывалец, О.А. *Современные технологии дрожжевого производства* / О.А. Бывалец, Е.Р. Грачева // *Технологии производства пищевых продуктов питания и экспертиза товаров: сборник научных статей Международной научно-практической конференции*. – Курск, 2015. – С. 38–42.
9. *Разработка технологии пищевых продуктов на основе нестандартного сельскохозяйственного сырья, биотрансформированного консорциумами микроорганизмов* / В.В. Хорольский [и др.] // *Пицца. Экология. Человек: материалы пятой междунар. науч.-технической конф.* – М.: МГУПБ, 2003. – С. 55–56.
10. Джей, Дж.М. *Современная пищевая микробиология* / Дж. М. Джей, М. Дж. Лёсснер, Д.А. Гольден. – 7-е изд.; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. – 886 с.
11. Емцев, В.Т. *Микробиология: учебник для бакалавров* / В.Т. Емцев, Е.Т. Мишустин. – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2012. – 445 с.
12. *Вкусо-ароматические компоненты пищевых рецептур, формируемые в присутствии бактериальных культур* / А.Н. Иванкин [и др.] // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. – 2017. – Т. 7, № 3 (22). – С. 124–136. DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-3-124-136
13. ГОСТ 10444.11-2013. *Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества мезофильных молочнокислых микроорганизмов*. – М.: Стандартинформ, 2014.
14. ГОСТ ISO 7218-2015. *Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям*. – М.: Стандартинформ, 2016.
15. ГОСТ 26670-91. *Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов*. – М.: Стандартинформ, 2008.

Семенова Жанна Александровна, научный сотрудник лаборатории качества и безопасности пищевой продукции, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (г. Видное Московской обл.), labvniitek@yandex.ru.

Колоколова Анастасия Юрьевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории качества и безопасности пищевой продукции, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (г. Видное Московской обл.), labvniitek@yandex.ru.

Кондратенко Владимир Владимирович, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (г. Видное Московской обл.), nauka@vniitek.ru.

Посокина Наталья Евгеньевна, кандидат технических наук, заведующая лабораторией технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (г. Видное Московской обл.), labtech45@yandex.ru.

Лялина Ольга Юрьевна, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (г. Видное Московской обл.), olgalyalina@yandex.ru.

Поступила в редакцию 24 сентября 2018 г.

DOI: 10.14529/food180412

PERSPECTIVES OF USING *LEUCONOSTOC LACTIS* CULTURE FOR THE CONTROLLED FERMENTATION PROCESS IN WHITE CABBAGE AT THE PRE-FERMENTATION STAGE

**Z.A. Semenova, A.Yu. Kolokolova, V.V. Kondratenko,
N.E. Posokina, O.Yu. Lyalina**

*VNIITeK – Branch of Gorbatov Research Center for Food Systems,
Vidnoe, Russian Federation*

The work is dedicated to the research of the application of starter culture of lactic acid microorganisms of *Leuconostoc lactis* for the controlled fermentation of white cabbage during the pre-fermentation stage. In the present work the influence of key factors (initial quantity of inoculated culture and chemical composition of white-cabbage based model media) on the dynamics of culture development during the pre-fermentation stage is considered. The results of the research showed that when using *Leuconostoc lactis* culture, the reaching of the point of change of positive rates into negative ones, when comparing samples with low initial concentrations of microorganisms to samples with high initial concentrations, is approximately 1.5 times different. From the point of view of dynamics of the rate of change in the concentrations of microorganisms in model media with different chemical composition, the development of the culture does not depend on either the substrate composition, or the initial concentration of microorganisms since the index of comparison of rates of development of microorganisms in the process of cultivation in the base and modified model media, both in the case of low and high initial concentration of

microorganisms, does not go beyond the zone of invariance of response except for two small areas. From the point of view of comparing the concentrations of microorganisms in different model media, by changing the composition of the medium we can influence the dynamics of the development of the culture, on condition that a low initial concentration of microorganisms is used. As a consequence, this makes sense for low-tonnage production, in which the medium heterogeneity will be small. In its turn, the possible expressed heterogeneity of the composition of the medium, occurring in different areas of volume, can affect the overall efficiency of the development of culture. At the same time, the high initial concentration of lactic acid microorganisms due to their established invariance is insensitive to similar conditions, which should positively influence the efficiency of large-capacity industrial production.

Keywords: lactic acid bacteria, *Leuconostoc lactis*, pre-fermentation step, white cabbage of Parus variety, model media, substrate, dynamics of development of culture, rate, concentration of microorganisms, index of comparison.

References

1. Gracheva A.Yu., Lyalina O.Yu., Kalinina Zh.A., Tyrina E.S. [Improving the methodology for identifying the type of interaction of lactic acid microorganisms in consortia during different stages of cultivation]. *Sovremennye podhody k polucheniyu i pererabotke sel'skokozyajstvennoj produkcii – garantiya prodovol'stvennoj nezavisimosti Rossii* [Modern approaches to obtaining and processing of agricultural products-guarantee of food independence of Russia]. Proceedings of the X International conference of young scientists and specialists. Moscow, 2016, pp. 61–67. (in Russ.)
2. Sinha N.K., H'yu I.G. *Nastol'naya kniga proizvoditelya i pererabotchika plodoovoshchnoy produktsii* [Table book of fruit and vegetable producer and processor]. Transl. from English. St. Petersburg, 2013, 896 p.
3. Evdokimova O.V. *Metodologiya sozdaniya i prodvizheniya na potrebitel'skiy rynek funktsional'nykh pishchevykh produktov. Avtoref. dis. d-ra tekhnicheskikh nauk* [Methodology of creation and promotion of functional food products on the consumer market]. Krasnodar, 2011, 40 p. Available at: <https://dlib.rsl.ru/0100500754>
4. Hutkins R.W. *Microbiology and technology of fermented foods* [mikrobiologiya i tekhnologiya fermentirovannoj pishchi] first edition [1 izd.], IFT Press Blackwell Publishing, 2006, 473 p.
5. Abdrahmanova R.N., Zajceva T.N. [Starting cultures of microorganisms in meat production technology]. *Vestnik Izhevskoy Gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy], 2012, no. 1(30), pp. 71–73. (in Russ.)
6. Neverova O.A. et al. *Pishhevaya biotekhnologiya produktov iz syr'ya rastitel'nogo proiskhozhdeniya* [Food biotechnology of products from raw materials of plant origin]. Moscow, 2017, 318 p.
7. Sirotkin A.S., Zhukova V.B. *Teoreticheskiye osnovy biotekhnologii* [Theoretical foundations of biotechnology]. Kazan', 2010, 87 p.
8. Byvalec O.A., Gracheva E.R. [Modern technologies of yeast production]. *Tekhnologii proizvodstva pishchevykh produktov pitaniya i ekspertiza tovarov*. Collection of scientific articles of the International scientific-practical conference. Kursk, 2015, pp. 38–42. (in Russ.)
9. Horol'skiy V.V., Mitaseva L.F., Gabaraev A.N., Mashenceva N.G., Kim D.V. [Development of food technology based on non-standard agricultural raw materials biotransformed by consortia of microorganisms]. *Pishcha. Ekologiya. Chelovek* [Diet. Ecology. Man]. Proceedings of the fifth international scientific-technical Conference. Moscow, 2003, pp. 55–56 (in Russ.)
10. Dzhey, Dzh.M., Lëssner M. Dzh., Gol'den D.A. *Sovremennaya pishhevaya mikrobiologiya* [Modern food microbiology]. 7th ed., transl. from English. Moscow, 2017, 886 p.
11. Emcev V.T., Mishustin E.T. *Mikrobiologiya* [Microbiology]. 8th ed. Moscow, 2012, 445 p.
12. Ivankin A.N., Fadeev G.N., Boldyrev V.S., Proshina O.P., Kulikovskiy A.V., Semenova A.A., Nasonova V.V. [Food flavouring ingredients of food recipes developed in the presence of bacterial cultures]. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology], 2017, vol. 7, no. 3 (22), pp. 124–136. (in Russ.) DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-3-124-136

13. GOST 10444.11-2013. *Mikrobiologiya pishchevykh produktov i kormov dlya zhivotnykh Metody vyyavleniya i podscheta kolichestva mezofil'nykh molochnokislykh mikroorganizmov* [State Standard 10444.11-2013. Microbiology of food and animal feed Methods of detection and calculation of the number of mesophilic lactic acid microorganisms]. Moscow, 2014.

14. GOST ISO 7218-2015. *Mikrobiologiya pishchevykh produktov i kormov dlya zhivotnykh. Obshchiye trebovaniya i rekomendatsii po mikrobiologicheskim issledovaniyam* [State Standard ISO 7218-2015. Microbiology of food and animal feed. General requirements and recommendations for microbiological studies]. Moscow, 2016.

15. GOST 26670-91. *Produkty pishchevyye. Metody kul'tivirovaniya mikroorganizmov* [State Standard 26670-91. Food products. methods of cultivation of microorganisms]. Moscow, 2008.

Zhanna A. Semenova, research fellow at the Laboratory for Quality and Safety of Food Products, All-Russian Research-and-Development Institute of Preservation Technologies, a Branch of Federal State State-funded Scientific Institution V.M. Gorbатов Federal Scientific Centre for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Vidnoe, Moscow Region, labvniitek@yandex.ru

Anastasiya Yu. Kolokolova, Candidate of Sciences (Engineering), leading research fellow at the Laboratory for Quality and Safety of Food Products, All-Russian Research-and-Development Institute of Preservation Technologies, a Branch of Federal State State-funded Scientific Institution V.M. Gorbатов Federal Scientific Centre for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Vidnoe, Moscow Region, labvniitek@yandex.ru

Vladimir V. Kondratenko, Candidate of Sciences (Engineering), Deputy Director for Research at All-Russian Research-and-Development Institute of Preservation Technologies, a Branch of Federal State State-funded Scientific Institution V.M. Gorbатов Federal Scientific Centre for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Vidnoe, Moscow Region, nauka@vniitek.ru

Natal'ya E. Posokina, Candidate of Sciences (Engineering), Head of the Laboratory for Preservation Technology at All-Russian Research-and-Development Institute of Preservation Technologies, a Branch of Federal State State-funded Scientific Institution V.M. Gorbатов Federal Scientific Centre for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Vidnoe, Moscow Region, labtech45@yandex.ru

Ol'ga Yu. Lyalina, leading research fellow at the Laboratory for Preservation Technology at All-Russian Research-and-Development Institute of Preservation Technologies, a Branch of Federal State State-funded Scientific Institution V.M. Gorbатов Federal Scientific Centre for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Vidnoe, Moscow Region, olgalyalina@yandex.ru

Received September 24, 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Перспективы использования культуры *Leuconostoc lactis* для управляемого процесса ферментации белокочанной капусты на предварительном этапе ферментации / Ж.А. Семенова, А.Ю. Колоколова, В.В. Кондратенко и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2018. – Т. 6, № 4. – С. 93–103. DOI: 10.14529/food180412

FOR CITATION

Semenova Z.A., Kolokolova A.Yu., Kondratenko V.V., Posokina N.E., Lyalina O.Yu. Perspectives of Using *Leuconostoc Lactis* Culture for the Controlled Fermentation Process in White Cabbage at the Pre-Fermentation Stage. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Food and Biotechnology*, 2018, vol. 6, no. 4, pp. 93–103. (in Russ.) DOI: 10.14529/food180412