

*Н.С. Романович, Е.Н. Бирюк, к.с-х.н., Н.К. Жабанос, к.т.н., доцент,
С.А. Гордынец, к.с-х.н., доцент, Л.А. Чернявская, к.т.н., доцент
Институт мясо-молочной промышленности, Минск, Республика Беларусь*

ОЦЕНКА СВОЙСТВ ШТАММОВ *LACTOBACILLUS SAKEI* КАК СТАРТОВЫХ И ЗАЩИТНЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРМЕНТИРОВАННЫХ МЯСНЫХ И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

*N. Ramanovich, A. Biruk, N. Zhabanos, S. Gordynets, L. Charniauskaya
Institute for Meat and Dairy Industry, Minsk, Republic of Belarus*

EVALUATION OF THE PROPERTIES OF *LACTOBACILLUS SAKEI* STRAINS AS STARTER AND PROTECTIVE CULTURES FOR THE PRODUCTION OF FERMENTED MEAT AND DAIRY PRODUCTS

e-mail: romanovich28@tut.by, biohimbel@yandex.by, otmp210@mail.ru

*Проведена оценка свойств штаммов *Lactobacillus sakei* с целью их использования при производстве мясных и молочных ферментированных продуктов. Установлено, что исследованные штаммы проявляют антагонизм к технически вредной и патогенной микрофлоре, не оказывают ингибирующего влияния на сквашивающую активность заквасочной микрофлоры, положительно влияют на органолептические и структурно-механические характеристики ферментированных мясных продуктов.*

*The properties of *Lactobacillus sakei* strains were evaluated with respect to their potential application in the production of fermented meat and dairy products. The studied strains were shown to exhibit antagonistic activity against technologically undesirable and pathogenic microflora, did not inhibit the fermentative activity of starter cultures, and exerted a positive effect on the organoleptic and structural-mechanical characteristics of fermented meat products*

Ключевые слова: *Lactobacillus sakei*, антагонизм, сквашивающая активность, ферментированные мясные продукты

Key words: *Lactobacillus sakei*, antagonism, fermentation activity, fermented meat products

Введение. Молочнокислые бактерии (далее – МКБ) играют ведущую роль при производстве ферментированных продуктов, выступая в качестве натуральных биоконсервантов, способствуя улучшению органолептических характеристик и повышению питательной ценности конечного продукта. Эти микроорганизмы, часто являющиеся частью естественной микробиоты или целенаправленно добавляемые в виде заквасок, инициируют процессы ферментации, синтезируя широкий спектр метаболитов, таких как органические кислоты, бактериоцины и другие антимикробные соединения [1–3].

Молочнокислые бактерии традиционно участвуют в ферментации мясных продуктов и вносят большой вклад в их сохранность, безопасность и формирование вкусовых характеристик. Помимо образования молочной кислоты, которая способствует более высокой безопасности продуктов, МКБ также продуцируют различные ферменты, такие как протеаза и липаза. Данные ферменты расщепляют белки, жиры и углеводы на небольшие молекулы, которые, в свою очередь, формируют различные ароматические соединения. Ферментативная активность бактерий приводит к гидролизу мышечных белков (миогенного фибрина и саркоплазматического белка) до олигопептидов и аминокислот, которые подвергаются различным биохимическим реакциям с образованием сложных ароматических соединений [4].

Бактерии *Lb. sakei* являются наиболее распространенными МКБ мясных продуктов. Это является следствием особенностей их метаболизма, который хорошо адаптирован для роста в условиях, возникающих в процессе хранения и переработки мяса. Подробно описано несколько метаболических признаков, включая способность использовать различные питательные вещества, присутствующие в мясе, которые дают данному виду бактерий селективное преимущество [5].

Транскриптомное исследование показало, что в присутствии мясных белков у бактерий *Lb. sakei* активируются гены, кодирующие транспортеры олигопептидов и внутриклеточные пептидазы, что указывает на способность данного вида утилизировать питательные вещества, присутствующие в мясе [6]. Показана способность бактерий *Lb. sakei* утилизировать аргинин – аминокислоту, присутствующую в мясном сырье [7, 8]. Хотя использование аргинина не даёт преимуществ для роста, однако это повышает выживаемость бактерий *Lb. sakei* за счёт генерируемой ими АТФ [9, 10]. Таким образом, эта функция способствует адаптации бактерий *Lb. sakei* к мясному сырию.

В исследовании Мокоена М.Р. et. al (2017) показано, что бактериоцины, продуцируемые штаммами *Lb. sakei*, обладают ингибирующей активностью против *Listeria* spp., *Enterococcus* spp., *Klebsiella* spp., *E. coli*, *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus* spp. и *Streptococcus* spp. Все бактериоцины продуцировались в высоких концентрациях на всех стадиях переработки ферментированного мяса [11].

Таким образом, бактерии вида *Lb. sakei* проявляют свойства, обеспечивающие им высокую приспособленность к мясному сырию, и используются в качестве стартовых культур для производства мясных изделий в различных странах [12–17].

Исследования показали, что бактериоциногенный и потенциально пробиотический штамм *Lb. sakei* 2a, выделенный из мясного продукта, хорошо адаптируется в молочном сырье и эффективно контролирует рост *Lysteria monocytogenes* в процессе созревания и хранения сыра при 4°C и при 15°C. Антимикробная активность штамма *Lb. sakei* 2a при хранении сырной пасты подтверждена с помощью фенотипических методов, а также экспрессией бактериоцин-кодирующих генов *sakP* и *sakQ*. Следовательно, бактерии *Lb. sakei* можно использовать при производстве молочных продуктов. Однако, необходимы дальнейшие исследования, чтобы определить влияние *Lb. sakei* на органолептические характеристики ферментированных молочных продуктов [18].

Материалы и методы исследований. Объектами исследований являлись 2 штамма *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O из Республиканской коллекции промышленных штаммов заквасочных культур и их бактериофагов, тест-культуры технически вредной микрофлоры, ферментированные мясные и молочные продукты.

Определение антагонистической активности (метод отсроченного антагонизма). На поверхность агаризованной среды MRS на основе МПБ в чашке Петри штрихом высевали исследуемую культуру, инкубировали в анаэробных условиях в течение 24–48 ч при 37°C, после чего перпендикулярным штрихом наносили 16±2 часовые тест-культуры и инкубировали при 37°C в течение 48 часов. Об уровне антагонистической активности судили по размеру зоны задержки роста тест-культур.

Определение кислотообразующей активности для сухих и замороженных заквасок. К закваскам добавляли необходимое количество культур *Lb. sakei* и тщательно перемешивали. Инкубировали при температуре (32±1)°C и (35±1)°C в течение 20 часов для заквасок ТВ-МТ, при (32±1)°C и (38±1)°C в течение 8 часов для заквасок «СЫР», при (37±1)°C и (40±1)°C в течение 6 часов для закваски Пробилакт-2, при (40±1)°C и (42±1)°C в течение 6 часов для закваски ТЛББв. Изменение активной кислотности фиксировали с использованием прибора i-Cinas каждые 20 мин.

Изготовление сыровяленых изделий из говядины с добавлением культур Lb. sakei. Контрольный образец (№ 11) был изготовлен по следующей технологии: сухой посол кусков тазобедренной части говяжьей массой 700–800 г (натирание солью поваренной пищевой в количестве 8 % к массе сырья) → выдержка 10 суток при температуре (2±2)°С → сушка при температуре (10±2)°С. Образцы № 12, 13, 14 изготавливались по аналогичной технологии с добавлением в процессе сухого посола стартовых культур с количеством жизнеспособных клеток $1,0 \times 10^9$ КОЕ/г, в количестве 1 г на 1 кг мясного сырья: образец № 12 (штамм *Lb. sakei* 2800 ML-O), образец № 13 (штамм *Lb. sakei* 2801 ML-O), образец № 14 (штаммы *Lb. sakei* 2800 ML-O и *Lb. sakei* 2801 ML-O в соотношении 1:1).

Результаты и их обсуждение. Роль стартовых и защитных культур в производстве ферментированных продуктов заключается, в первую очередь, в снижении риска развития нежелательной микрофлоры в процессе созревания и хранения, а также в направленности процесса ферментации мясного сырья, с целью получения желаемой консистенции, вкуса и цвета готового продукта. К основным возбудителям порчи продуктов животного происхождения относят гнилостные (протеолитические) бактерии: спорообразующие аэробы (*Bacillus subtilis* (сенная палочка); *B. licheniformis* (картофельная палочка), *B. megatherium* (капустная палочка), *B. mycoides* (грибовидная палочка), *B. cereus*), спорообразующие анаэробы (*Clostridium putrificum*, *C. sporogenes*, *C. perfringens*); неспорообразующие факультативные анаэробы (род *Proteus*, род *Echerichia*). Также на мясе и мясопродуктах чаще других встречаются маслянокислые бактерии *Clostridium pasteurianum* и *C. butyricum*. Дрожжи обычно составляют незначительную часть микробиоты мясных и птицепродуктов [19]. *Listeria monocytogenes* – широко распространенные психротрофные бактерии, способные переносить высокие концентрации солей и выживать в широком диапазоне температур и при многократных циклах замораживания-оттаивания. Эти особенности делают контроль над этими микроорганизмами в пищевых продуктах большой проблемой [20].

Научные исследования были направлены на определение антагонистической активности штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O к различным видам гнилостных бактерий (*Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*), дрожжевым культурам (*Candida albicans*, *Candida utilis*, *Candida famata*, *Candida sakei*, *Candida mesenterica*, *Kluyveromyces marxianus*), культурам плесени (*Aspergillus niger*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*), патогенным бактериям (*Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*). При этом установлено, что исследуемые штаммы *Lb. Sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O обладают антагонистической активностью в отношении различных групп гнилостных бактерий (*Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*), вызывающих порчу мяса, колбасных изделий, молока и молочных продуктов, рыбы и рыбных продуктов, яиц и яйцепродуктов. Также у штаммов 2800 ML-O и 2801 ML-O установлен антагонизм в отношении дрожжевой культуры *Kluyveromyces marxianus*, наиболее часто встречающейся в мясе и птице, и в отношении различных видов плесеней (*Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*).

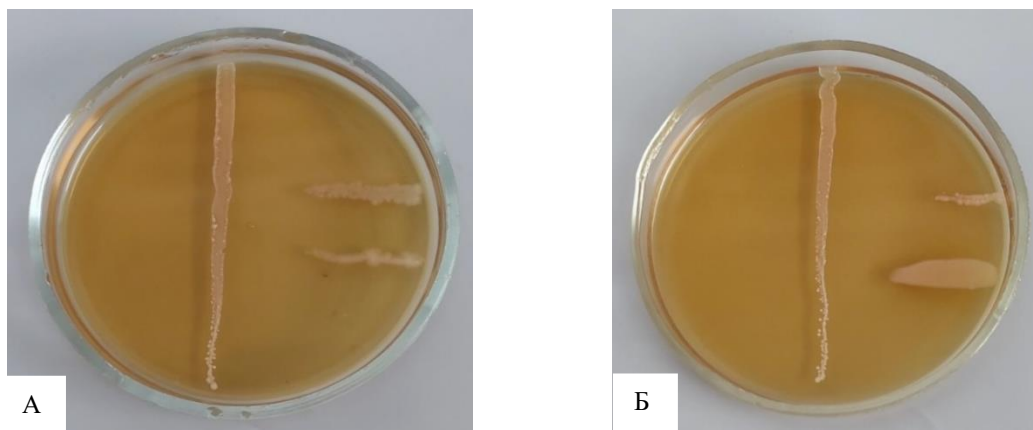
Следует отметить наличие антагонистической активности обоих штаммов *Lb. sakei* к бактериям, относящимся к 4 группе патогенности по СП 3.3686-21 – *Pseudomonas aeruginosa* и *Staphylococcus aureus*, а также к бактериям *Listeria monocytogenes*, относящимся к 3 группе патогенности по СП 3.3686-21 [21]. Установлено, что у штаммов 2800 ML-O и 2801 ML-O отсутствует антагонистическая активность к дрожжевым культурам рода *Candida*, а также к культуре плесени *Aspergillus niger*.

Результаты представлены в таблице 1, на рисунках 1–3.

Таблица 1 – Антагонистическая активность штаммов *Lactobacillus sakei* по отношению к технически вредной микрофлоре.

№ п/п	Тест-культура	Величина зоны задержки роста тест-культуры по отношению к штамму, см	
		2800 ML-O	2801 ML-O
Бактериальные культуры			
1	<i>Bacillus subtilis</i> ВКПМ В-1323	1,3	1,5
2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ВКПМ В-8243	2,2	2,0
3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ВКПМ В-6643	2,3	1,5
4	<i>Escherichia coli</i> 1019	2,2	2,5
5	<i>Escherichia coli</i> 3R ₁ d ₂ d ₁	1,0	1,0
6	<i>Escherichia coli</i> Rm3nTn9Tn5	1,2	1,2
7	<i>Staphylococcus aureus</i> ВКПМ В-6646	1,0	1,7
8	<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC 19111	1,5	1,7
Дрожжевые культуры			
9	<i>Candida famata</i> ВКПМ Y-937	0	0
10	<i>Kluyveromyces marxianus</i> ВКПМ Y-240	2,2	2,3
11	<i>Candida albicans</i>	0	0
12	<i>Candida utilis</i>	0	0
13	<i>Candida sake</i>	0	0
14	<i>Candida mesenterica</i>	0	0
Культуры плесени			
15	<i>Aspergillus niger</i>	0	0
16	<i>Alternaria alternata</i>	2,2	1,5
17	<i>Fusarium oxysporum</i>	1,4	1,0

Источник данных: собственная разработка.

Рисунок 1 – Формирование зон задержки роста у различных групп гнилостных бактерий при их совместном культивировании со штаммами *Lb. sakei*:А – штамм 2800 ML-O совместно с тест-культурой *Bacillus subtilis* ВКПМ В-1323 (горизонтальные штрихи справа);Б – штамм 2801 ML-O совместно с культурой *Pseudomonas aeruginosa* ВКПМ В-8243 (горизонтальный штрих справа сверху) и с культурой *Pseudomonas aeruginosa* ВКПМ В-6643 (горизонтальный штрих справа снизу).

Источник данных: собственная разработка.

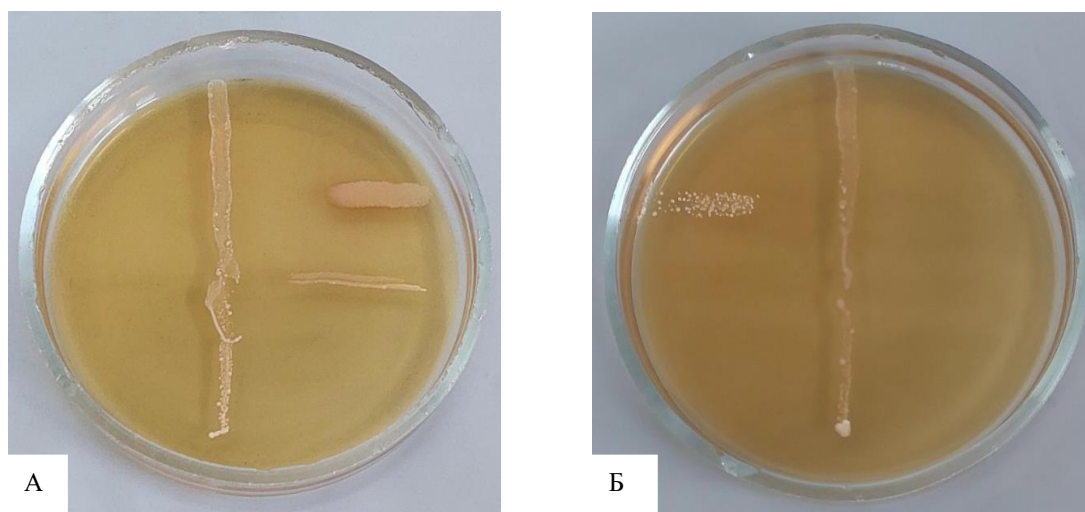


Рисунок 2 – Формирование зон задержки роста у различных групп патогенных бактерий при их совместном культивировании со штаммами *Lb. sakei*:
 А – штамм 2800 ML-O совместно с тест-культурой *Pseudomonas aeruginosa* ВКПМ В-8243 (горизонтальный штрих справа сверху) и с тест-культурой *Staphylococcus aureus* ВКПМ В-6646 (горизонтальный штрих справа снизу);
 Б – штамм 2801 ML-O совместно с тест-культурой *Listeria monocytogenes* ATCC 19111 (горизонтальный штрих слева).

Источник данных: собственная разработка.

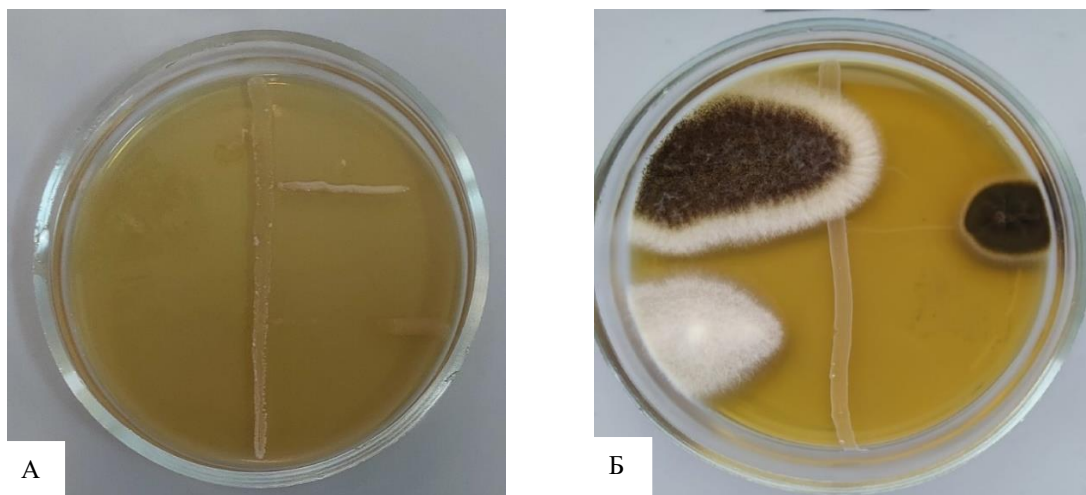


Рисунок 3 – Формирование зон задержки роста у культур дрожжей и плесеней при их совместном культивировании со штаммами *Lb. sakei*:

А – штамм 2801 ML-O совместно с тест-культурами *Candida albicans* (горизонтальный штрих справа сверху, антагонизм отсутствует) и с тест-культурой *Kluyveromyces marxianus* (горизонтальный штрих справа снизу);
 Б – штамм 2800 ML-O совместно с тест-культурой *Aspergillus niger* (горизонтальный штрих слева сверху, антагонизм отсутствует), с культурой *Fusarium oxysporum* (горизонтальный штрих слева снизу) и с культурой *Alternaria alternata* (горизонтальный штрих справа).

Источник данных: собственная разработка.

Штаммы 2800 ML-O и 2801 ML-O не сквашивают молоко в течение 48 часов при температуре $(30\pm 1)^\circ\text{C}$, $(37\pm 1)^\circ\text{C}$ и $(42\pm 1)^\circ\text{C}$, однако, следует учитывать, что

культуры *Lb. sakei* могут обладать антагонистической активностью по отношению к различным консорциумам, используемым при производстве ферментированных молочных продуктов. Поэтому проведена оценка изменения активной кислотности в процессе сквашивания молока консорциумами, входящими в состав заквасок для производства творога, сыра, кисломолочных напитков и йогурта, а также аналогичными консорциумами с добавлением штаммов *Lb. sakei*. Штаммы 2800 ML-O и 2801 ML-O вносили таким образом, чтобы начальное количество клеток исследуемых штаммов в молоке составило $1,0 \times 10^7$ КОЕ/г.

Установлено, что добавление штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O к закваскам для производства творога ТВ-МТ не вызывает существенного увеличения времени ферментации молока, как при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$, так и при $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ – не более чем на 25 мин., также, как и добавление штаммов к закваскам для производства йогурта ТЛББв при $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$ и при $(42 \pm 1)^\circ\text{C}$. Однако, следует отметить, что при добавлении штаммов *Lb. sakei* нарастание активной кислотности молока после 480-520 мин. при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$ и после 460-500 мин. при $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ у заквасок ТВ-МТ происходило менее интенсивно (рис. 4).

Добавление штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O к закваске для производства сыра СЫР-6 п.109 не оказывало существенного влияния на снижение рН молока, как при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$, так и при $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$: при сквашивании закваской СЫР-6 п.109 при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$ активная кислотность составила 5,0 ед. рН через 345 мин. и при $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$ – через 240 мин., при добавлении штамма 2800 ML-O – через 325 мин. и 220 мин., при добавлении штамма 2801 ML-O – через 320 мин. и 230 мин., соответственно. Добавление штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O к закваске для производства сыра СЫР-3 п.132 также не оказывало существенного влияния на снижение рН молока, как при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$, так и при $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$: при сквашивании закваской СЫР-3 п.132 при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$ активная кислотность составила 5,0 ед. рН через 350 мин. и при $(38 \pm 1)^\circ\text{C}$ – через 250 мин., при добавлении штамма 2800 ML-O – через 340 мин. и 220 мин., при добавлении штамма 2801 ML-O – через 360 мин. и 215 мин., соответственно (рис. 5).

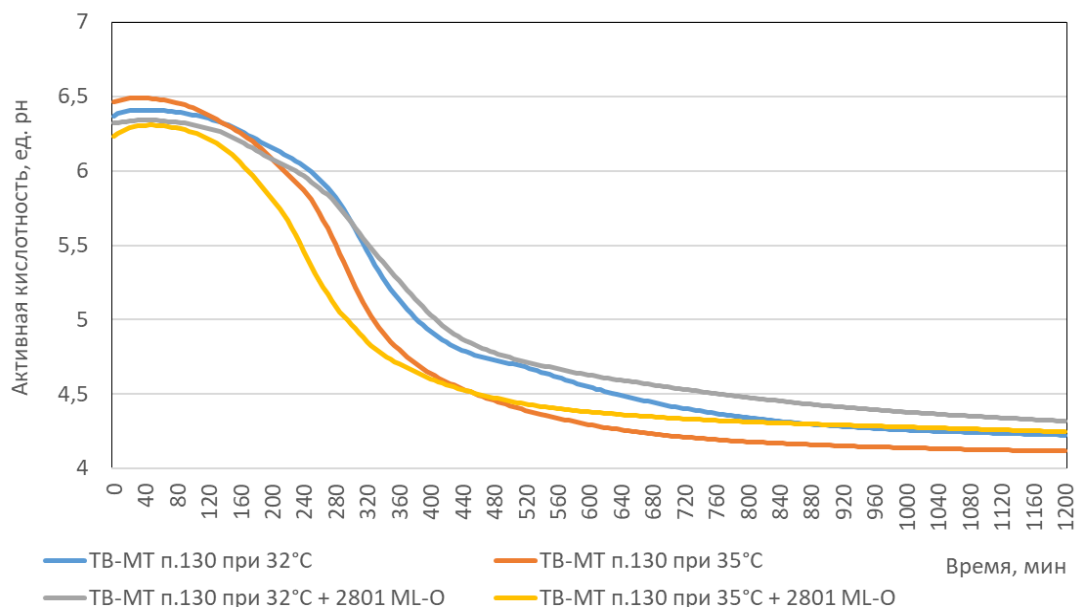


Рисунок 4 – Изменение активной кислотности в процессе сквашивания молока при $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$ и $(35 \pm 1)^\circ\text{C}$ консорциумом, входящим в состав закваски для производства творога ТВ-МТ, а также аналогичным консорциумом с добавлением штамма *Lb. sakei* 2801 ML-O

Источник данных: собственная разработка.

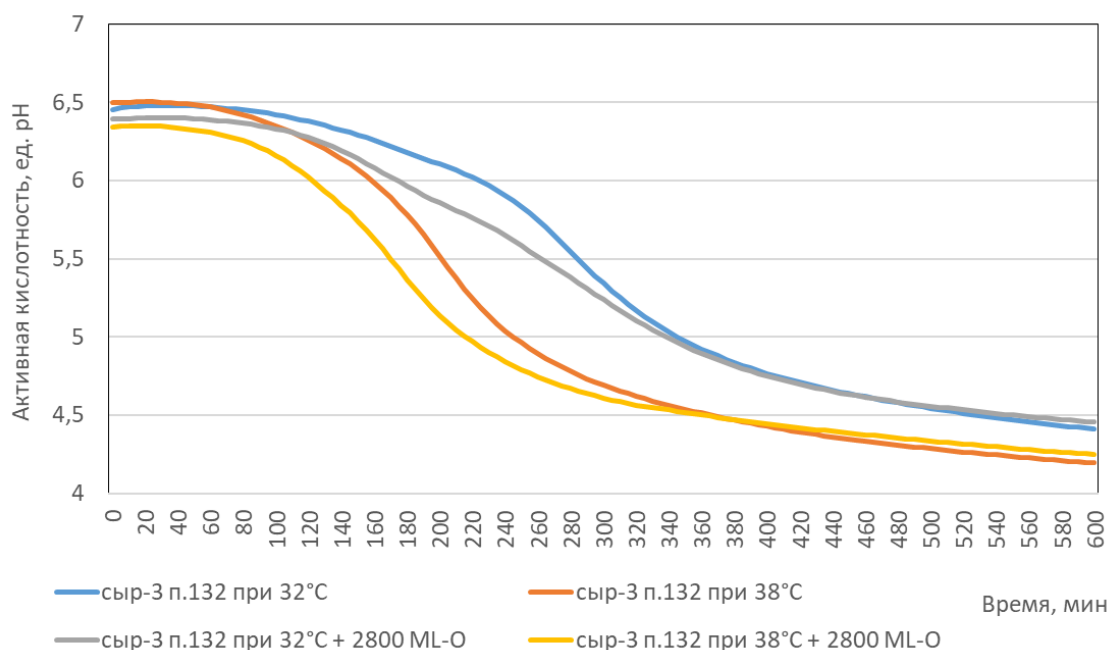


Рисунок 5 – Изменение активной кислотности в процессе сквашивания молока при $(32\pm 1)^\circ\text{C}$ и $(38\pm 1)^\circ\text{C}$ консорциумом, входящим в состав закваски для производства сыра СЫР-3, а также аналогичным консорциумом с добавлением штамма *Lb. sakei* 2800 ML-O

Источник данных: собственная разработка.

Для оценки потенциала штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O как стартовых культур при производстве ферментированных мясных продуктов проведена выработка цельномышечных сыровяленых изделий из говядины с добавлением культур 2800 ML-O и 2801 ML-O.

При производстве сыровяленых продуктов одно из основных технологических условий – снижение показателя pH до величины близкой к изоэлектрической точке белков мясного сырья (5,0–5,2). Это способствует снижению влагосвязывающей способности мяса, формированию монолитной структуры готовых изделий, создаются условия для активного взаимодействия белков, интенсифицируются процессы сушки [22]. Однако, быстрое снижение pH нецелесообразно для цельномышечных изделий, поскольку конформационные изменения белков мышечной ткани, происходящих при pH ниже 5,1 ед., снижают доступность их действию тканевых протеолитических ферментов, что может отрицательно сказаться на консистенции и вкусоароматических характеристиках продукта. Оптимальными считаются значения активной кислотности, близкие к 5,2–5,4 ед. pH [23]. При изучении pH исследуемых образцов получены результаты, систематизированные на рисунке 6. Внешний вид экспериментальных образцов в процессе посола приведен на рисунке 7.

Как видно из диаграмм на рисунке 6, в образцах № 12 и 14 отмечается плавное и динамичное снижение уровня pH до 5,35–5,38 уже на 7-ые сутки посола, в отличие от контрольного образца (№ 11), для которого характерно более медленное течение процесса и желаемый уровень был достигнут только через 10 суток посола. В образце № 13 отмечено резкое снижение pH на 5-ые сутки посола до значения 5,35 и увеличение его уже на 7-ые сутки.

Как видно на рисунке 7, в образце № 13 в процессе посола образовалась пористость, в результате чего не была достигнута монолитность структуры, что отразилось на результатах дегустационной оценки изделий. Оценка органолептических свойств готовых изделий (цвет и вид на разрезе, запах (аромат),

вкус, консистенция) проводили по разработанной на основании ГОСТ 9959 9-ти балльной шкале.

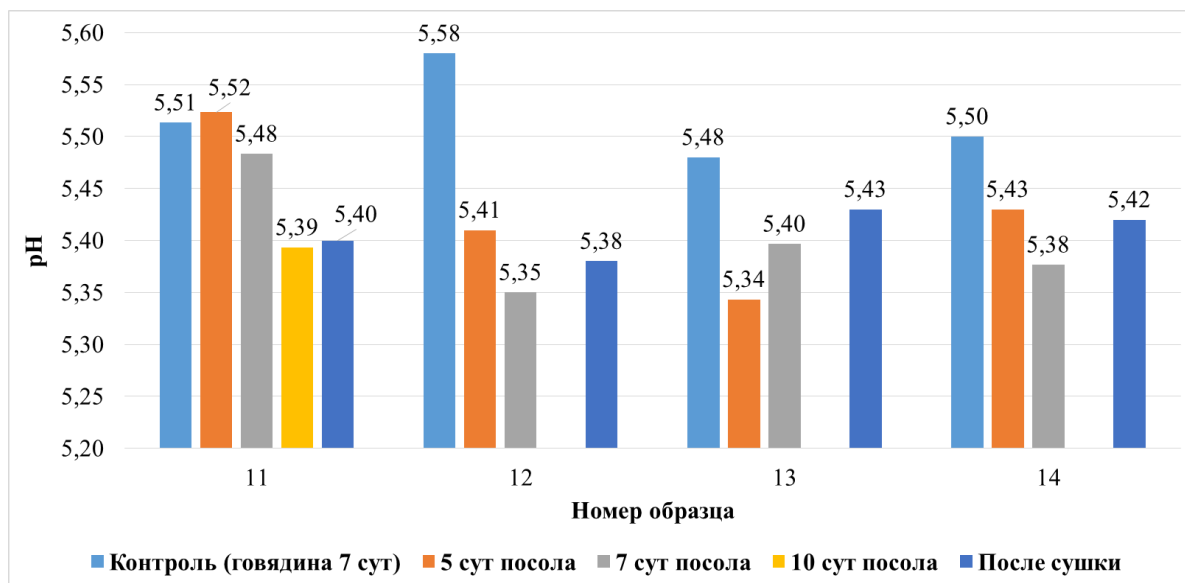


Рисунок 6 – Изменение активной кислотности образцов цельномышечных сыровяленых изделий из говядины на разных технологических этапах

Источник данных: собственная разработка.



Рисунок 7 – Внешний вид экспериментальных образцов в процессе изготовления

Источник данных: собственная разработка.

Образец № 13 характеризовался интенсивным испарением влаги после 5 суток посола, а также достаточно резким снижением уровня pH (рисунок 1), что повлияло на структурно-механические и органолептические свойства изделий – образцы с культурами *Lb. sakei* характеризовались плотной, но более мягкой консистенцией по сравнению с образцом № 11, а образец № 13, получил самую низкую дегустационную оценку по показателю «консистенция» – 6,1 балла, вследствие ощущения дегустаторами соединительной ткани, что свидетельствует о недостаточном

разрыхлении ее структуры в процессе посола и созревания. При этом образцы продуктов, изготовленные с использованием культуры *Lb. sakei* 2800 ML-O и смеси культур *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O (образцы № 12 и 14), обладают высокими органолептическими характеристиками: средний оценочный балл составил 7,6 по 9-ти балльной шкале. Они имели очень красивый внешний вид (8,0 баллов) были вкусными (7,2–7,4 балла), ароматными (7,4 балла) и имели упругую консистенцию с достаточно слабым восприятием соединительной ткани (7,5–7,6 балла) (рисунок 8).

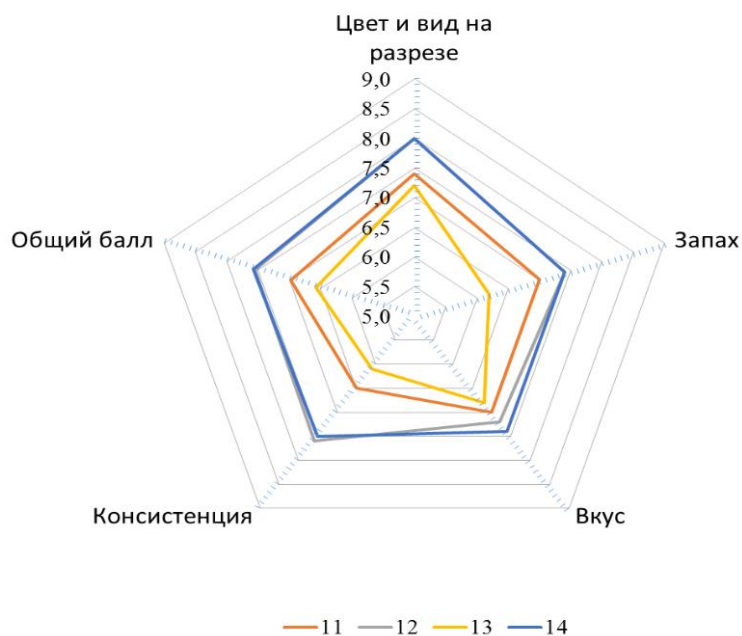


Рисунок 8 – Органолептическая оценка образцов продуктов цельномышечных сыровяленных из говядины.

Источник данных: собственная разработка.

Таким образом установлено, что использование штамма *Lb. sakei* 2800 ML-O и смеси штаммов *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O в соотношении 1:1 при изготовлении цельномышечных сыровяленных изделий позволяет сократить процесс их изготовления на 5 суток и получить изделия с улучшенными органолептическими характеристиками (с более нежной консистенцией и более привлекательным внешним видом на разрезе, имеющим стабильную и равномерную окраску, улучшенным вкусом и ароматом).

Выводы. На основании результатов исследований установлено, что штаммы *Lb. sakei* (2800 ML-O и 2801 ML-O) проявляют выраженную антагонистическую активность к различным группам гнилостных бактерий, патогенным бактериям, дрожжевым культурам и культурам плесени.

Штаммы *Lb. sakei* (2800 ML-O и 2801 ML-O) при совместном развитии в молоке с заквасками для производства творога ТВ-МТ, с заквасками для производства сыра СЫР-3 и СЫР-6, а также с заквасками для производства йогурта ТЛББ вне оказывают ингибирующего влияния на сквашивающую активность заквасочной микрофлоры.

Штаммы *Lb. sakei* 2800 ML-O и 2801 ML-O являются перспективными стартовыми культурами для изготовления ферментированных мясных продуктов, так как способствуют сокращению сроков изготовления и получению продуктов с улучшенными потребительскими свойствами и органолептическими характеристиками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Gupta, R. Lactic acid bacteria: probiotic characteristic, selection criteria, and its role in human health / R. Gupta, K. Jeevaratnam, A. Fatima // *JETIR*. – 2018. – Vol. 5, № 10. – P. 411–424.
2. Organic acids production from lactic acid bacteria: A preservation approach / S. P. Bangar, S. Suri b, M. Trif [et. al.] // *Food Bioscience*. – 2022. – Vol. 46. – Art. 101615.
3. Oriental fermented functional (probiotic) foods. / R. C. Ray, A. Sheikha, S. Kumar // *Microorganisms and fermentation of traditional foods. Series: Food Biology*. – 2015. – P. 283–311.
4. Research update on the impact of lactic acid bacteria on the substance metabolism, flavor, and quality characteristics of fermented meat products / Y. Wang, J. Han, D. Wang [et. al.] // *Foods*. – 2022. – Vol. 11. – Art. 2090.
5. Complete genome sequence of the meat-borne lactic acid bacterium *Lactobacillus sakei* 23K / S. Chaillou, M. Champomier-Vergès, M. Cornet [et al.]. // *Nat. Biotechnol.* – 2005. – Vol. 23. – P. 1527–1533.
6. Transcriptome response of *Lactobacillus sakei* to meat protein environment. / H.Q. Xu, L. Gao, Y. Jiang [et. al.] // *J. Basic Microbiol.* – 2015. – Vol. 55. – P. 490–499.
7. Aristoy, M. C. Concentration of free amino acids and dipeptides in porcine skeletal muscles with different oxidative patterns / M. C. Aristoy, F. Toldrá // *Meat Sci*. – 1998. – Vol. 50. – P. 327–332.
8. The kinetics of the arginine deiminase pathway in the meat starter culture *Lactobacillus sakei* CTC 494 are pH-dependent / T. Rimauxet, G. Vrancken a, V. Pothakos [et al.] // *Food Microbiol.* – 2011. – Vol. 28. – P. 597–604.
9. Relationships between arginine degradation, pH and survival in *Lactobacillus sakei* / M. C. Champomier-Vergès, M. Zúñiga, F. Morel-Deville [et. al.] // *FEMS Microbiol. Lett.* – 1999. – Vol. 180. – P. 297–304.
10. Zúñiga, M. The product of *arcR*, the sixth gene of the *arc* operon of *Lactobacillus sakei*, is essential for expression of the arginine deiminase pathway / M. Zúñiga M. Carmen, G. Pérez-Martínez // *Appl. Env. Microbiol.* – 2002. – Vol. 68. – P. 6051–6058.
11. Mokoena, M. P. Lactic acid bacteria and their bacteriocins: classification, biosynthesis and applications against uropathogens / M. P. Mokoena // *Molecules*. – 2017. – Vol. 22. – Art. 1255.
12. Characterization of lactic acid bacteria isolated from a Greek dryfermented sausage in respect of their technological and probiotic properties / E. Papamanoli N. Tzanetakis, E. Litopoulou-Tzanetaki // *Meat Science*. – 2003. – Vol. 65. – P. 859 – 867.
13. Leroy, F. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation / F. Leroy, J. Verluyten, L. De Vuyst // *International Journal of Food Microbiology*. – 2006. – Vol. 106, № 3. – P. 270–285.
14. Safety improvement and preservation of typical sensory qualities of traditional dry fermented sausages using autochthonous starter cultures / R. Talon S. Leroy a, I. Lebert [et.al.] // *International Journal of Food Microbiology*. – 2008. – Vol. 126, № 1-2. – P. 227–234.

15. Tamang, J. P. Diversity of microorganisms in global fermented foods and beverages / J. P. Tamang [et.al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2016. – Vol. 7. – Article. 377.
16. Microorganisms present in artisanal fermented food from South America / M. E Jimenez Ciara M. O'Donovan, M. Fernandez de Ullivarri [et.al.] // *Frontiers in Microbiology*. – 2022. – Vol. 13. Article. 895427.
17. Zagorec, M. *Lactobacillus sakei*: a starter for sausage fermentation, a protective culture for meat products / M. Zagorec, M. C. Champomier-Vergès // *Microorganisms*. – 2017. – Vol.5 (3). – P.56–69.
18. Bacteriocin production and inhibition of *Listeria monocytogenes* by *Lactobacillus sakei* subsp. *sakei* 2a in a potentially synbiotic cheese spread / R. C. Ruiz-Martinez, C. Dini Staliano, A. Diogo Silva Vieira [et.al.] // *Food Microbiology*. – 2015. – Vol. 48. – P. 143–152.
19. Красникова, Л. В. Общая и пищевая микробиология : учеб. пособие : в 2 ч. / Л. В. Красникова, П. И. Гунькова, О. А. Савкина. – СПб. : Ун-т ИТМО, 2016. – 127 с.
19. Krasnikova, L. V. *Obshaya i pishevaya mikrobiologiya* [General and food microbiology] : *ucheb. posobie : v 2 ch.* / L. V. Krasnikova, P. I. Gunkova, O. A. Savkina. – SPb. : Un-t ITMO, 2016. – 127 s.
20. Okada, Y. Growth of *Listeria monocytogenes* in refrigerated ready-to-eat foods in Japan / Y. Okada // *Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*. – 2013. – Vol. 30 (8). – P. 1446–1449.
21. Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней : СП 3.3686-21. ; введ. 01.09.2021. – М. : Мин. юстиции РФ, 2021. – I, 1092 с.
21. Sanitarно-ehpidemiologicheskie trebovaniya po profilaktike infekcionnyh boleznej [Sanitary and epidemiological requirements regarding the course of infectious diseases] : SP 3.3686-21. ; vved. 01.09.2021. – M. : Min. yusticii RF, 2021. – I, 1092 s.
22. Акопян, К. В. Формирование аромата и вкуса сырокопченых колбас / К. В. Акопян, А. А. Нестеренко // *Молодой ученый*. – 2014. – № 7 (66). – С. 93–95.
22. Akopyan, K. V. *Formirovanie-aromata ivkusasyrokopchenyhkolbas* [Formation of aroma and taste of dry-cured sausages] / K. V Akopyan, A. A. Nesterenko // *Molodoj uchenyj*. – 2014. – № 7 (66). – S. 93–95.
23. Киселев, Д. А. Использование молочнокислых бактерий для интенсификации производства сырокопченых продуктов / Д. А. Киселев, О. С. Корнеева, Г. П. Шуваева // *Мясная индустрия*. – 2007. – № 10. – С. 38–39.
23. Kiselev, D. A. *Ispolzovanie molochnokislyh bakterij dlya intensifikacii proizvodstva syrokopchenyh produktov* [Use of lactic acid bacteria to intensify the production of raw smoked products] / D. A. Kiselev, O. S. Korneeva, G. P Shuvaeva // *Myasnaya industriya*. – 2007. – № 10. – S. 38–39.