



*Обзорный материал: «Разработка технологии пробиотической сметаны, обогащенной селеном» / ВСГУТУ /  
Кафедра «Технология молочных продуктов. Товароведение и экспертиза товаров»*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ СМЕТАНЫ, ОБОГАЩЕННОЙ СЕЛЕНОМ**

### **1. Исследование устойчивости сливочного стрептококка к различным дозам селена**

Молочнокислые бактерии рода *Streptococcus* широко используются при производстве творога, сметаны, кисломолочных напитков и других продуктов. Этот род объединяет виды: *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus diacetylactis*, *Streptococcus acetoinicus*, *Streptococcus thermophilus*. Все молочнокислые стрептококки грамположительные, имеют клетки шаровидной формы, располагаются в зависимости от вида попарно, короткими и длинными цепочками.

Все молочнокислые бактерии вызывают молочнокислое брожение – сбраживают лактозу и глюкозу до молочной кислоты.

Основная роль селена связана с антиоксидантными свойствами, а именно его участие в образовании фермента глутатионпероксидазы, который в свою очередь защищает клетки от токсического действия перекисей, тем самым сохраняя их жизнеспособность.

Поскольку селен в органической форме лучше усваивается организмом, является актуальным разработка продуктов, обогащенных селеном. Нами была изучена возможность обогащения пробиотической сметаны селеном.

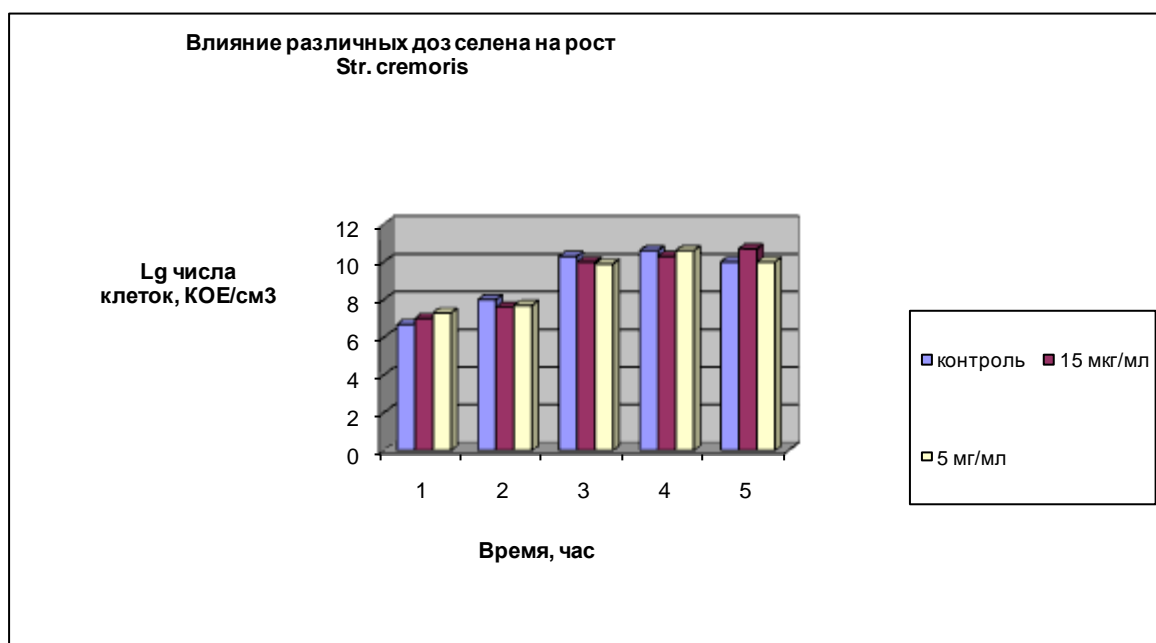
В ранних исследованиях была изучена устойчивость бифидобактерий и пропионовокислых бактерий к селену. В результате проведенных исследований установлено, что пропионовокислые бактерии и бифидобактерии устойчивы к селениту натрия. Что касается *Streptococcus Cremoris*, такой информации мы не обнаружили. В связи с этим на первом этапе исследований изучали устойчивость *Streptococcus Cremoris* к различным дозам селена.

Исследование устойчивости *Streptococcus Cremoris* к различным дозам селена было начато с подбора концентраций селенита натрия. Далее определяли динамику роста молочнокислых бактерий. В таблице 1 представлены данные динамики роста молочнокислых бактерий.

Таблица 1- Исследование устойчивости *Str. cremoris* к различным дозам селена.

Количество селена	4 ч	8 ч	12 ч	16 ч	24 ч
контроль	$5 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$
15 мкг/мл	$1 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{10}$
5 мг/мл	$2 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^7$	$8 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^{10}$	$1 \cdot 10^{10}$

Влияние различных доз селена на рост молочнокислых бактерий оценивали по количеству жизнеспособных клеток (рис. 2).



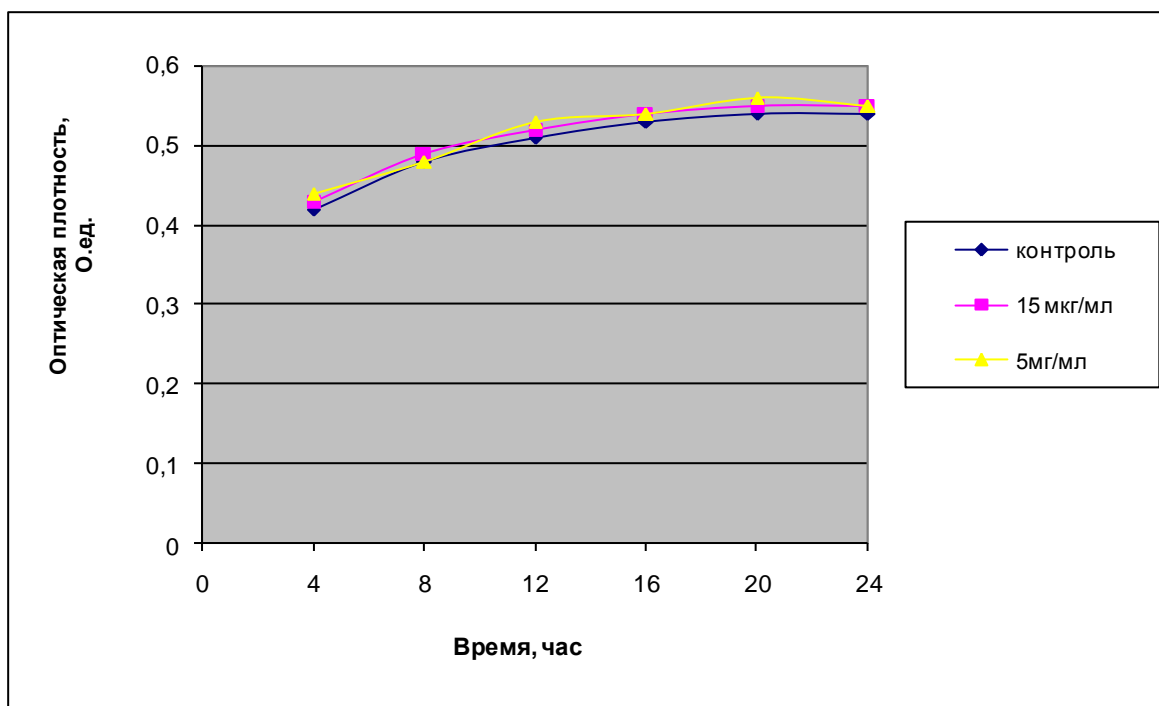


Рисунок 2 - Влияние различных доз селена на рост молочнокислых бактерий.

Данные таблицы 1 и данные рисунка 2 показывают, что молочнокислые бактерий рода *Streptococcus Cremoris* устойчивы к различным дозам селена.

## 2. Выбор оптимального соотношения культур в комбинированной закваске для сметаны

Исследования по сочетанию молочнокислых бактерий, пропионовокислых бактерий и бифидобактерий позволяет значительно расширить ассортимент продуктов функционального питания.

Создание комбинированной закваски на основе пропионовокислых бактерий *P. shermanii* AC 2503, молочнокислых бактерий *St. Cremoris* и бифидобактерий *B. bifidum* обусловлено с учетом пожеланий потребителей улучшить органолептические и пробиотические свойства продукта.

Сложность конструирования комбинаций заквасочных культур заключается в том, что культуры, входящие в состав закваски, культивируются при различных температурных оптимумах и обладают различным темпом размножения.

Первым ориентирующим признаком симбиотических взаимоотношений между микроорганизмами является их способность к совместному размножению в молоке.

При подборе заквасок для кисломолочных продуктов очень важно, чтобы входящие в состав микроорганизмы находились в прочных симбиотических взаимоотношениях.

При соединении штаммов разных видов бактерий важно добиться взаимной сочетаемости штаммов и взаимного стимулирования, установления возможно более стабильного равновесия между ними. Учитывая различные оптимальные температуры развития *Str. Cremoris*, бифидобактерий и пропионовокислых бактерий, необходимо было подобрать условия для сбалансированного роста данных микроорганизмов в симбиотической закваске. Культуры *St. Cremoris*, бифидобактерий и пропионовокислых бактерий культивировали при 30°C, 35°C, 37°C.

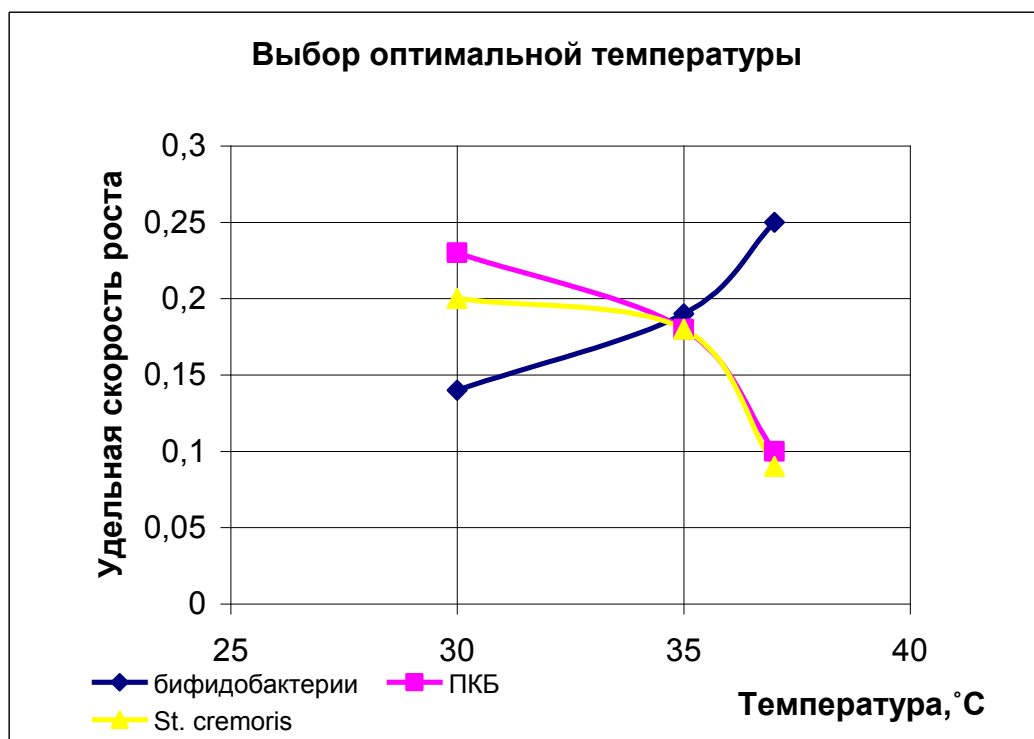


Рисунок 3- Зависимость скорости роста микроорганизмов от температуры.

Из рисунка 3 видно, что изменение оптимальных температур роста бактерий приводят к снижению их скорости роста. При промежуточной температуре 35°C наблюдается сбалансированный рост пробиотических бактерий, значения удельной скорости роста изучаемых микроорганизмов приближаются. При этом возможно будет наблюдаться равномерное развитие данных культур и сохраниться соотношение между ними.

Оптимальное соотношение культур в симбиотической закваске подбирали с учётом биотехнологических свойств исследуемых ассоциаций. Варьирование соотношения культур в симбиотической закваске приводит к формированию продукта с хорошими биохимическими свойствами.

Результаты исследований представлены в таблице 2.

**Таблица 2- Выбор оптимального соотношения культур.**

Температура культивирования, С	Соотношение Str. Cremoris, B.bifidum, P.Schermanii	Органолептические показатели	Продолжительность сквашивания, ч	Кислотность, °Т	Количество жизнеспособных клеток, КОЕ в 1 см <sup>3</sup>		
					St. Cremoris	B. bifidum	P.shermanii AC-2503
30	40:30:30	Кисломолочный вкус и запах, консистенция вязкая.	10-12	67±2	8*10 <sup>9</sup>	4*10 <sup>6</sup>	1*10 <sup>9</sup>
	30:35:35	Кисломолочный вкус и запах, консистенция тягучая.	10-12	65±2	6*10 <sup>9</sup>	1*10 <sup>7</sup>	2*10 <sup>9</sup>
	20:50:30	Кисломолочный вкус и запах, консистенция в меру вязкая.	10-12	64±2	3*10 <sup>9</sup>	2*10 <sup>7</sup>	1*10 <sup>9</sup>
35	40:30:30	Чистый кисломолочный вкус и запах, сгусток плотный, однородный	10-12	70±2	6*10 <sup>8</sup>	2*10 <sup>9</sup>	1*10 <sup>9</sup>
	30:35:35	Чистый кисломолочный вкус и запах, слегка пряный, сгусток однородный, плотный, без отстоя сыворотки	10-12	72±2	1*10 <sup>8</sup>	1*10 <sup>9</sup>	1*10 <sup>9</sup>
	20:50:30	Чистый кисломолочный вкус и запах, без отстоя сыворотки, консистенция жидковатая	12	72±2	8*10 <sup>7</sup>	1*10 <sup>9</sup>	6*10 <sup>8</sup>
37	40:30:30	Кисловатый вкус и запах, сгусток плотный	8-10	86±2	7*10 <sup>8</sup>	1*10 <sup>9</sup>	2*10 <sup>8</sup>
	30:35:35	Кисловатый вкус и запах, сгусток плотный	9-10	82±2	1*10 <sup>8</sup>	2*10 <sup>9</sup>	1*10 <sup>9</sup>
	20:50:30	Кисловатый вкус и запах, сгусток плотный, незначительное отделение сыворотки	8-10	85±2	4*10 <sup>7</sup>	5*10 <sup>9</sup>	4*10 <sup>8</sup>

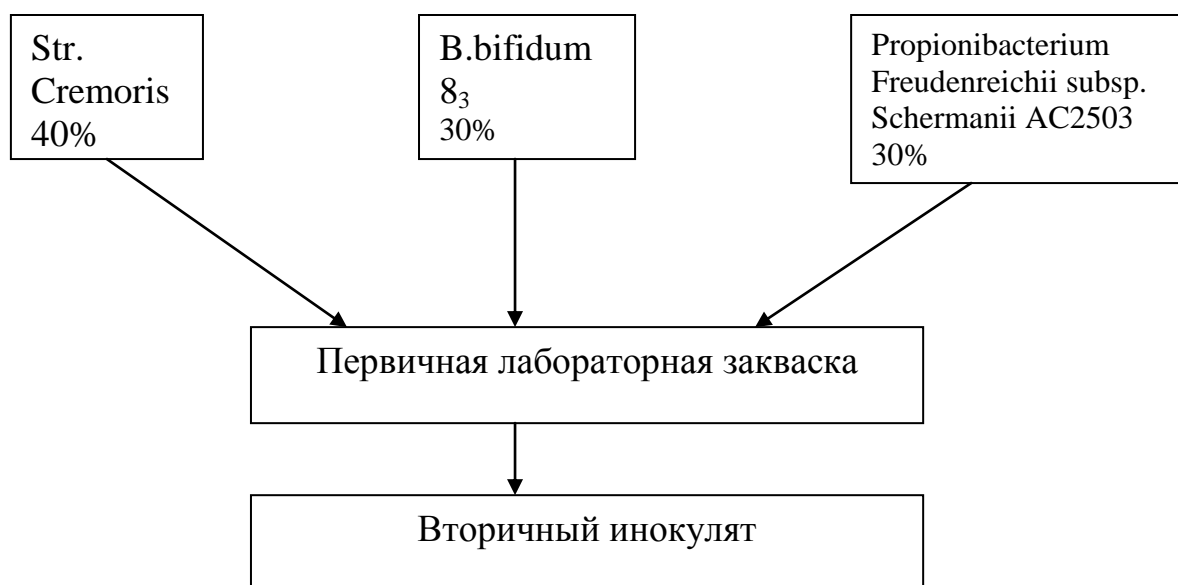
Оптимальное сочетание Str. Cremoris, бифидобактерий и пропионовокислых бактерий 40:30:30 было выбрано с учётом сбалансированного содержания жизнеспособных клеток данных культур, придающих закваске выраженный вкус, специфический аромат и хорошую консистенцию.

Полученные данные свидетельствуют, что при увеличении содержания в закваске *Str. Cremoris* и культивирование при 30°C приводит к излишней вязкости и замедлению роста бифидобактерий. При температуре 37°C закваска характеризуется высокой кислотностью и плохой консистенцией, что не позволит получить продукт высокого качества. Анализ данных таблицы 2 позволяет сделать вывод, что наиболее благоприятными условиями для развития комбинаций *St.Cremoris*, *B.bifidum*, *Propionibacterium Freudenreichii* subsp. *Schermanii* AC2503 является температура 35°C и соотношение культур в закваске 40:30:30. Полученная при этих условиях закваска обладает наилучшими органолептическими, реологическими показателями. Культуры в закваске содержатся в оптимальном равновесии, что позволит получить продукт высокого качества.

Таким образом, было выбрано оптимальное сочетание культур *Str.Cremoris*, *B.bifidum* 8<sub>3</sub>, *Propionibacterium Freudenreichii* subsp. *Schermanii* AC2503 40:30:30 и температура культивирования 35°C.

### 3. Исследование биохимической активности закваски

Для полного изучения свойств полученной закваски была проведена серия опытов по определению органолептических, физико-химических и микробиологических показателей разработанной закваски. На рисунке 4 представлена схема приготовления закваски. Качественная характеристика закваски представлена в таблице 3.



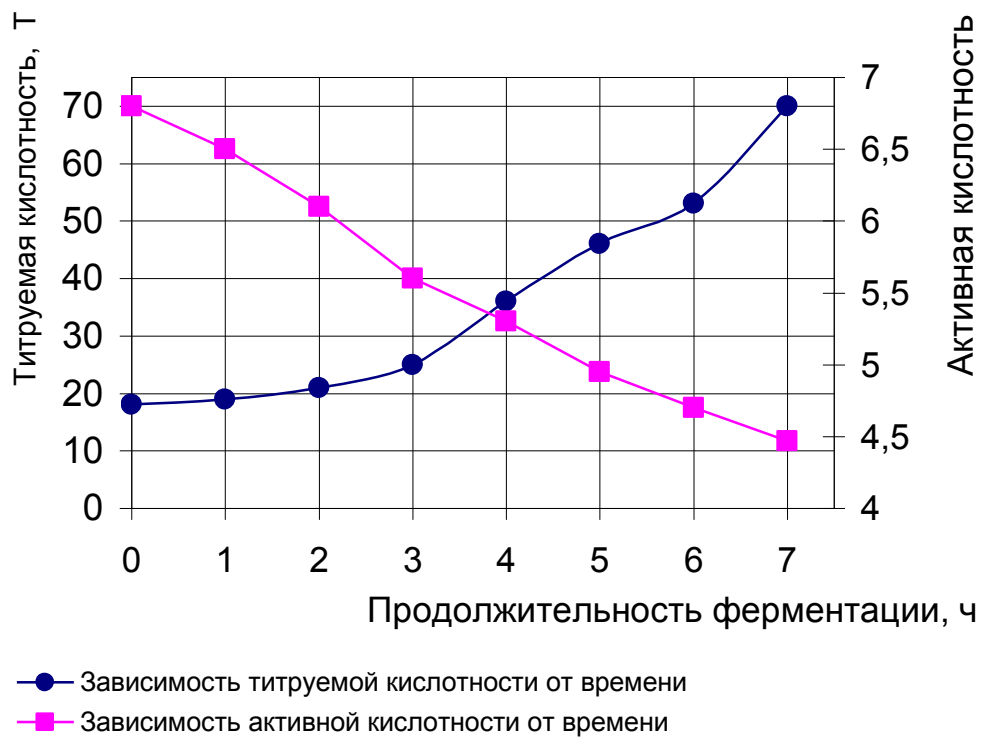
**Рисунок 4- Схема приготовления закваски.**

**Таблица 3- Качественная характеристика комбинированной закваски.**

Показатель	Характеристика
Внешний вид и консистенция	Однородная, плотная, в меру вязкая без отстоя сыворотки.
Вкус и запах	Чистый кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	Молочно-белый или с кремовым оттенком
Активность, ч	10-12
Кислотность, °Т	68-70
Количество жизнеспособных клеток Str.Cremoris	$8 \cdot 10^8$
Количество жизнеспособных клеток B.bifidum 8 <sub>3</sub>	$2 \cdot 10^9$
Количество жизнеспособных клеток P. shermanii, КОЕ в 1 см <sup>3</sup>	$2 \cdot 10^9$
Образование диацетила и ацетона	+
Вязкость, с	5,5-6

Об активности биохимических процессов при ферментации судили по динамике титруемой и активной кислотности.

Закваска характеризуется высокой биохимической активностью и сквашивает молоко за 10-12 часов. Кислотообразующая способность комбинированной закваски представлена на рисунке 5.



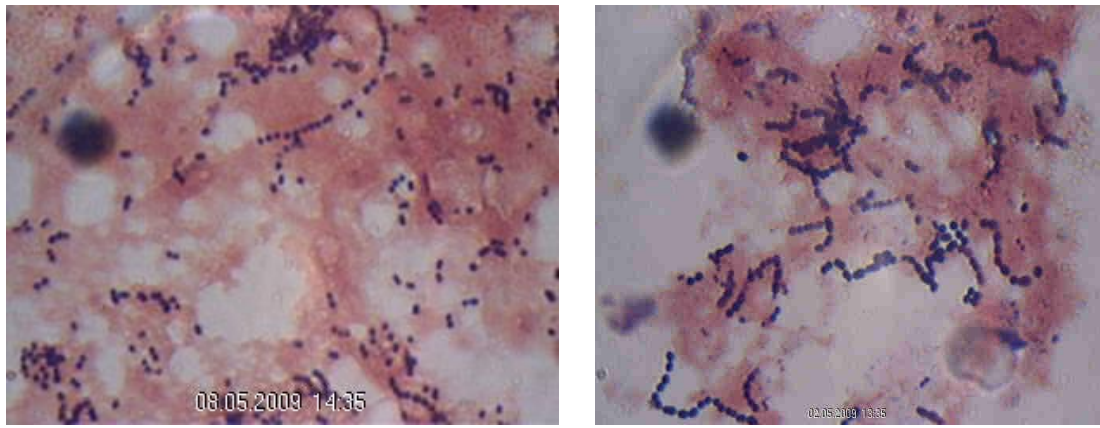
**Рисунок 5- Кислотообразующая способность комбинированной закваски.**

Полученные результаты указывают, что комбинированная закваска на основе бифидобактерий, пропионовокислых бактерий и молочнокислых бактерий обладает высокой биохимической активностью и способна сквашивать сливки путем прямого внесения, что позволяет ускорить технологический процесс.

Анализируя данные таблицы 3, можно предположить, что в исследуемой комбинации культуры закваски находятся в симбиотических взаимоотношениях, так как соотношение жизнеспособных клеток остаётся на прежнем уровне. В связи с этим была изучена морфология комбинированной закваски (рис.6). Микрокартина закваски характеризует не только микробиологическую чистоту закваски, но и даёт представление о взаимоотношениях внутри микробного консорциума.

При микроскопировании комбинированной закваски отчетливо были видны представители трёх культур. Микрокартина представлена на рисунке 6.





**Рисунок 6- Морфология клеток микроорганизмов комбинированной закваски.**

На микроскопическом препарате комбинированной закваски, представленном на рисунке 6, видны скопления клеток, указывающие на межклеточные связи – когезию. Это не просто образование суммы клеток, а своеобразная надорганизменная система, в определённом отношении аналогичная многоклеточному организму, но не тождественная ему. Свойством такой системы является взаимодействие (кооперация) отдельных клеток, когда их согласованная деятельность направлена на достижение одного и того же результата. Одним из механизмов кооперации является коммуникация – обмен сигналами и информацией за счёт функционирования внеклеточных метаболитов, регулирующих активность бактерий. Образование таких взаимодействий обеспечивает адаптационную, физиологическую устойчивость клеток на воздействие усиливающихся со временем отрицательных факторов внешней среды.

На основе результатов исследований можно утверждать, что разработанная закваска характеризуется высокой биохимической активностью и соответствует требованиям, предъявляемым к закваскам. Культуры в закваске находятся в прочных симбиотических отношениях, которые гарантируют стабильность микробного консорциума. Применение данной закваски позволит получить продукт с заданными свойствами.

Таким образом, полученные результаты указывают, что комбинированная закваска на основе бифидобактерий, пропионовокислых бактерий и молочнокислых бактерий обладает высокой биохимической активностью и способна сквашивать сливки путем прямого внесения.

#### 4. Оптимизация питательной среды селеном

Схема получения симбиотической закваски достаточно трудоемка, поскольку процесс полунепрерывного культивирования зависит от ряда технологических факторов: санитарно-гигиенических показателей, качества применяемого сырья и др. На поддержание активности закваски расходуются большие объемы сырья, что создает дополнительные материальные трудности в производстве. В связи с этим актуальным является разработка бактериального концентрата симбиотической закваски прямого внесения, который позволит приготовить продукт без предварительной активизации закваски на предприятии и имеет длительный срок хранения.

В питательной среде для культивирования должны находиться все элементы, входящие в состав клеточного веществ. Поэтому важно чтобы среда для культивирования содержала факторы роста для трёх применяемых культур.

Основой питательной среды служила осветленная творожная сыворотка. Применение сыворотки для культивирования микроорганизмов обусловлено содержащимися в ней углеводами (моно -, олиго - и аминосохарамми), липидами, минеральными солями, витаминами, органическими кислотами, ферментами и микроэлементами. Лактоза сыворотки является энергетическим субстратом для развития микроорганизмов, входящих в состав инокулята. В качестве источника азотистого питания в сыворотку добавлялся пептон. Для поддержания буферной емкости в среду вносили натрий лимоннокислый трехзамещенный и калий фосфорнокислый однозамещенный. Поскольку пропионовокислые, молочнокислые и бифидобактерии, являются факультативными анаэробами, а для уплотнения среды применяли агар-агар. Молочнокислые бактерии для своего роста требуют наличия в среде витаминов (пиридоксале, пантотенате кальция и рибофлавине), аминокислот. Но известно, что пропионовокислые бактерии и бифидобактерии способны синтезировать данные соединения. Поэтому представляется возможным совместное культивирование выбранных культур на среде для бифидобактерий и пропионовокислых бактерий.

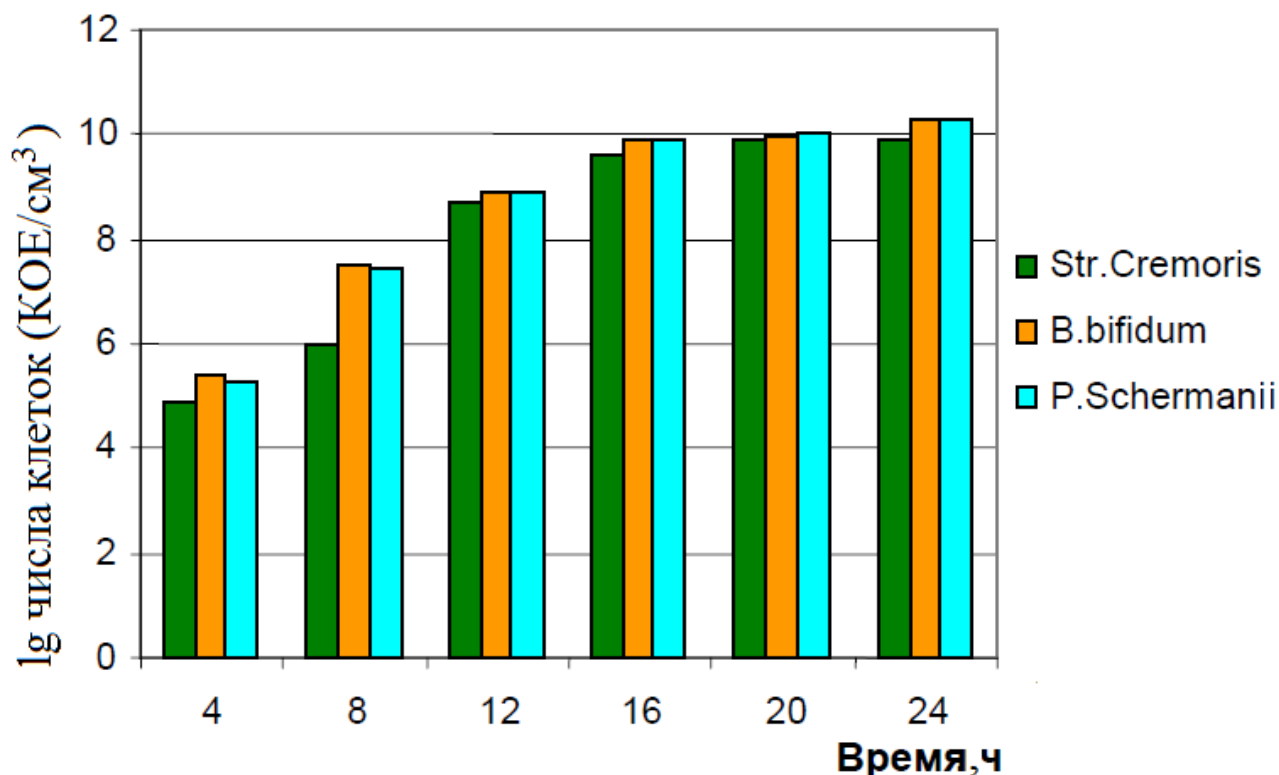
Для оптимизации среды селеном необходимо учитывать желаемое содержание селена в готовом продукте. Сметана это продукт массового потребления, который должен содержать профилактическую дозу селена-15 мкг в 200 г сметаны (27 % от суточной дозы рекомендованной ФАО ВОЗ). В связи с этим одна доза баккконцентрата прямого внесения будет содержать 15 мг селена (одна доза баккконцентрата предназначена для сквашивания 200 кг сливок). Таким образом, можно предложить следующий состав питательной среды для культивирования микроорганизмов (таблица 4.).

**Таблица 4- Состав питательной среды.**

Наименование компонентов	Расход, г/л
Творожная сыворотка	1000
Пептон	5
Агар пищевой	0,75
Калий фосфорнокислый однозамещенный	5
Натрий лимоннокислый трехзамещенный	1
Магний хлористый	0,4
Аскорбиновая кислота	0,1
Селенит натрия	5

Селенит натрия вносится в стерильную питательную среду перед заквашиванием в виде стерильного раствора в требуемом количестве. Микроорганизмы закваски в процессе роста синтезируют аминокислоты, которые связывают селен и переводят его в органическую форму.

Динамика роста культур симбиотической закваски на питательной среде с добавлением селена, представлена на рис.7. Диаграмма, построенная на основе полученных данных, свидетельствует об активном росте микроорганизмов закваски на выбранной среде.



**Рисунок 7 - Рост культур симбиотической закваски на среде, оптимизированной селеном.**

Таким образом, культивирование комбинации бактерий, на среде обогащённой селеном, позволит создать закваску прямого внесения для производства пробиотической сметаны.

Процесс производства закваски прямого внесения включает отделение биомассы бактерий, смешивание её с защитной средой и дальнейшее замораживание или высушивание. В данной работе получен замороженный концентрат прямого внесения. Качественная характеристика замороженной закваски прямого внесения приведена в таблице 5.

**Таблица 5 - Качественная характеристика замороженной концентрированной закваски для производства сметаны.**

Наименование показателя	Значение показателя
Консистенция и внешний вид Цвет	Замороженная суспензия От белого до светло-желтого
Активность сквашивания сливок, ч	10-12
Предельные значения pH	5,5-8,0
Содержание селена мг/см <sup>3</sup>	5
Объём замороженного концентрата, мл	3
Температура при выпуске с предприятия, °С, не более	-20±2
Количество бактерий, КОЕ/см <sup>3</sup> , не менее, на конец срока годности: Str.Cremoris B.bifidum 8 <sub>3</sub> P. shermanii,	10 <sup>9</sup> 10 <sup>10</sup> 10 <sup>10</sup>
Объём продукта (см <sup>3</sup> ), в котором не допускаются: БГКП (колиформы) S. aureus Патогенные микроорганизмы (в т.ч. сальмонеллы) Дрожжи, КОЕ/см <sup>3</sup> , не более Плесени, КОЕ/см <sup>3</sup> , не более	2 2 10 5 5

Данные таблицы свидетельствуют о том, что концентрированная симбиотическая закваска с селеном обладает высокой биохимической активностью и может быть рекомендована для производства пробиотической сметаны, обогащённой селеном.

## 5. Разработка технологии производства сметаны, обогащенной селеном

Получение закваски прямого внесения определяет её широкое использование в молочной промышленности для производства пробиотической сметаны. В связи с чем, на следующем этапе исследований была разработана технологическая схема получения пробиотической сметаны, обогащённой селеном.

Технологический процесс производства осуществляется в следующей последовательности: приемка и подготовка сырья, сепарирование, гомогенизация, пастеризация, охлаждение; заквашивание и ферментация, охлаждение и перемешивание сгустка; розлив, упаковка, маркировка.

Приемка и подготовка сырья, нормализация

1. Молоко принимают по количеству и качеству по ГОСТ Р 52054-2003
2. Отобранное по качеству молоко немедленно охлаждают до  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$
3. Для обеспечения бесперебойности технологических режимов молоко резервируют при температуре охлаждения не более 12 часов

4. Молоко подогревают до температуры  $(40-45)^\circ\text{C}$  и направляют на очистку на сепараторах-молокоочистителях

5. После очистки молоко направляют на сепарирование. Цель сепарирования – получение сливок со стандартным содержанием массовой доли жира в соответствии с рецептурой.

Гомогенизация и пастеризация.

6. Сливки подогревают до  $(60-65)^\circ\text{C}$  и гомогенизируют при давлении 10-12 МПа.

7. После гомогенизации сливки направляют на пастеризацию  $(92-96)^\circ\text{C}$  с выдержкой 5-7 мин.

8. Сливки охлаждают до температуры заквашивания  $35^\circ\text{C}$ .

Заквашивание и ферментация.

9. Заквашивают и сквашивают смесь в резервуарах для кисломолочных продуктов с охлаждаемой рубашкой, снабженных специальными мешалками, обеспечивающими равномерное и тщательное перемешивание смеси молока с заквасочным материалом. При небольших объемах производства пастеризацию смеси, заквашивание и сквашивание можно производить в ваннах ВДП или других двухстенных емкостях с мешалками.

10. В охлажденную смесь при включенной мешалке вносят бактериальный концентрат (одна доза на 200 кг сливок). Заквашенную смесь перемешивают в течение 10 минут.

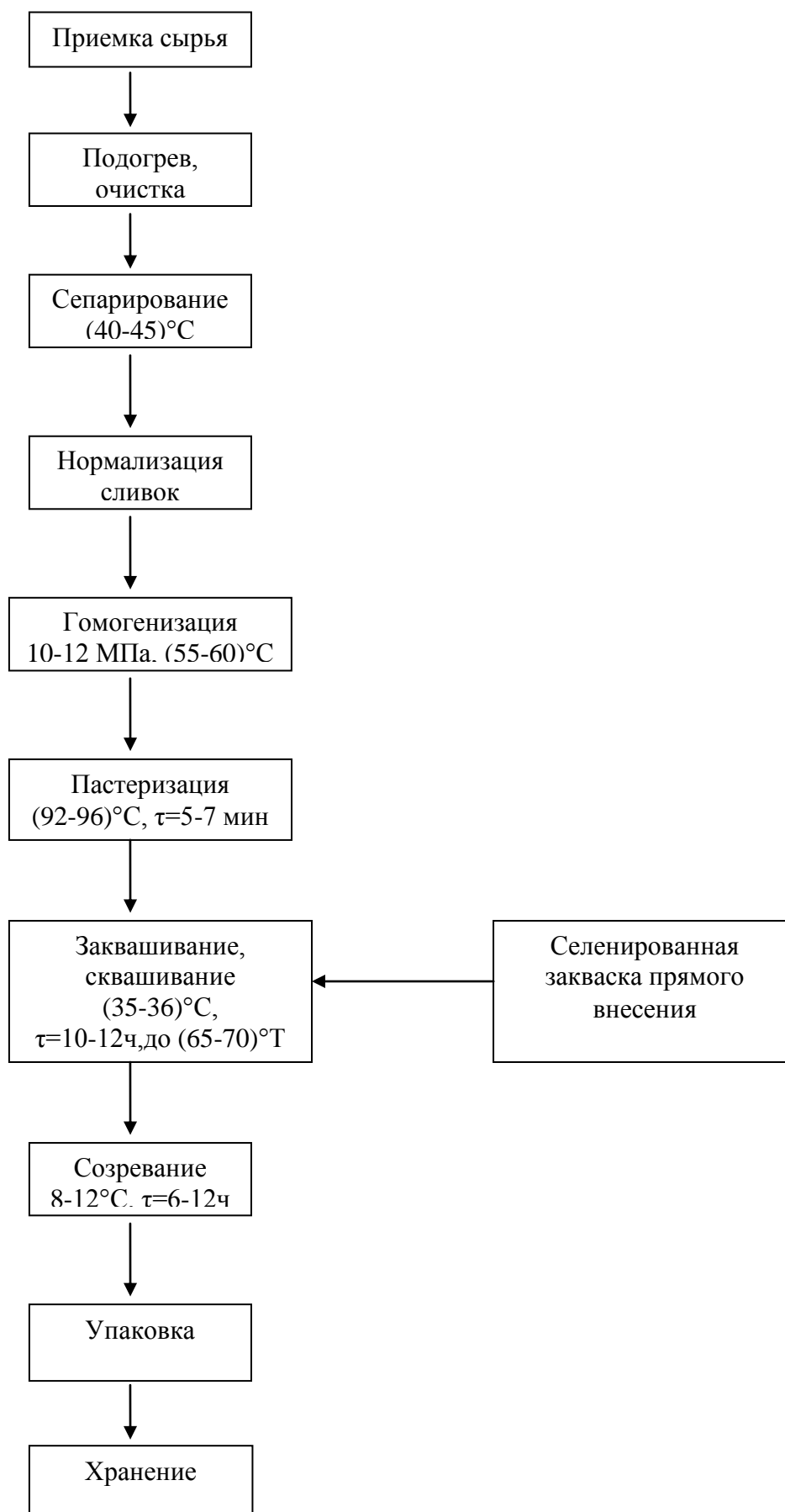
11. После перемешивания смесь оставляют в покое для сквашивания при температуре  $(34-36)^\circ\text{C}$  на (10-12) часов до образования сгустка кислотностью не менее  $(65-70)^\circ\text{T}$ .

12. После окончания ферментации сгусток охлаждают до  $(14-16)^\circ\text{C}$  и перемешивают в течении 3-10мин.

13. Расфасовка в потребительскую тару.

14. Созревание при температуре  $(4-6)^\circ\text{C}$

15. Хранение и реализация.



**Рисунок 8 - Технологическая схема производства сметаны.**

Таким образом, технология приготовления комбинированного продукта достаточно проста и не требует значительных капитальных вложений на установку дополнительного оборудования. Производство пробиотического продукта осуществляется с применением бактериального концентрата прямого внесения, что уменьшает расход сырья на производстве, необходимый для поддержания активности закваски и позволяет выработать продукт, отвечающим высоким санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к пробиотическим молочным продуктам. Характеристика показателей готового продукта, полученного по данной технологии, представлена в таблице 6.

**Таблица 6- Качественная характеристика.**

Наименование показателей	Значение показателей
Вкус и запах	Чистый кисломолочный, без постороннего привкуса и запаха
Консистенция	Однородная, густая. Поверхность глянцевая.
Цвет	Молочно-белый, с кремовым оттенком, равномерный по всей массе;
Кислотность, °Т	60-90
Содержание селена, мкг/г	0,075
Количество жизнеспособных клеток на конец срока годности не менее, КОЕ/г	
Str. Cremoris	$10^7$
Бифидобактерии	$10^7$
Пропионовокислые бактерии	$10^7$
БГКП в 0,1г(см <sup>3</sup> )	Не допускается
S. aureus в 1г (см <sup>3</sup> )	Не допускается
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы 25г (см <sup>3</sup> )	Не допускается
Дрожжи, к.о.е./г, не более	50
Плесени, к.о.е./г, не более	50
Показатели безопасности	Не выше предельно допустимых норм, установленных госсанэпиднадзором



Таким образом, на основании проведенных экспериментов разработан способ обогащения сметаны селеном, который дает новое представление о роли микроорганизмов в процессе усвояемости селена. Разработана пробиотическая сметана, обогащенная селеном, которая характеризуется высоким содержанием жизнеспособных клеток бифидобактерий и пропионовокислых бактерий, содержанием селена в органической форме и может применяться профилактики различных заболеваний и нормализации микрофлоры желудочно-кишечного тракта.

## **6. Качественная характеристика сметаны**

Сметана – это кисломолочный продукт, который представляют собой сливки, сквашенные молочнокислыми бактериями.

Сметана – русский национальный продукт. В других странах мира сметану начали употреблять только после второй мировой войны. За рубежом сметану часто называют «русскими сливками».

Закваска для изготовления сметаны состоит из чистых бактериальных культур – молочнокислых и сливочных стрептококков, ароматобразующих бактерий.

В данной работе для производства пробиотической сметаны использовали закваску, которая состоит из молочнокислых бактерий (*Streptococcus Cremoris*), бифидобактерий (*Bifidobacterium Bifidum*) и пропионовокислых бактерий *Propionibacterium Freudenreichii* subsp. *Schermanii* AC 2503, обогащенную селеном, т.к. это является единственным высокоэффективным и быстрым путем решения задачи коррекции недостаточности селена.

Сравнительная характеристика сметаны полученной с использованием разработанного бакконцентрата без внесения селена и сметаны обогащённой селеном представлена в таблице 7.

**Таблица 7- Качественная характеристика сметаны.**

Органолептические характеристики		
Наименование показателя	Контроль	Опыт
Внешний вид и консистенция	Однородная густая. Поверхность глянцевая.	Однородная плотная густая. Поверхность гладкая, глянцевая.
Вкус и запах	Чистый кисломолочный с привкусом пастеризованных сливок.	Чистый нежный кисломолочный, с ярко выраженным привкусом пастеризованных сливок.
Цвет	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе.	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе.
Физико-химические показатели		
Массовая доля жира, %:	15	15
Кислотность, °Т	76	68
Содержание селена мкг/кг	—	75
Микробиологические показатели		
КОЕ/г:		
бифидобактерий	$1 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$
пропионовокислые бактерии	$4 \cdot 10^9$	$6 \cdot 10^9$
St. Cremoris	$5 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^9$

Содержание селена в 1 пачке (200 г) сметаны составило 15 мкг, что составляет 27% от суточной дозы.

**Консистенция** – один из наиболее важных показателей для сметаны. В данном случае консистенция соответствует норме в обоих образцах. В сметане обогащённой селеном консистенция более плотная и обладает высокими тиксотропными свойствами. Из литературных источников и результатов, ранее проведённых исследований известно, что селен, влияет на продуцирование бактериями симбиотической закваски экзополисахаридов. В состав экзополисахаридов входят остатки нейтральных молекул глюкозы, ксилозы, галактозы, диокситадозы, уроновых кислот, а также ряд неидентифицированных пентоз и гексоз.

Экзополисахариды выполняют роль естественных загустителей и стабилизаторов консистенции. Одним из важнейших аспектов связи с этим является не только само образование ЭПС, но и тип ЭПС, и момент их образования. Селен содержится в закваске изначально, поэтому образование ЭПС процессе сквашивания происходит на ранней стадии, что и позволяет получить гладкую и густую структуру сметаны. Если продуцирование ЭПС начинается на более поздней стадии, даже при рН 5,6 электрический заряд на поверхности казеиновой решётки начинает формировать агрегации белков. Что приводит к образованию распространённого порока консистенции сметаны - крупке.

Вкус и аромат в представленных образцах также соответствует норме. В опытном образце вкус, более выраженный и нежный, что объясняется меньшей кислотностью по сравнению с контрольным образцом и большим накоплением сульфгидрильных групп.

Исследование сроков хранения сметаны.

Далее была исследована изменение свойств сметаны при хранении в течении 3 и 5 суток. Результаты приведены в таблице 8 и 9.

**Таблица 8. Свойства сметаны через 3 суток хранения.**

Органолептические характеристики		
Наименование показателя	Контроль	Опыт
Внешний вид и консистенция	Однородная густая. Поверхность глянцевая.	Однородная плотная густая. Поверхность гладкая, глянцевая.
Вкус и запах	Чистый кисловатый с привкусом пастеризованных сливок.	Чистый нежный кисломолочный, с ярко выраженным привкусом пастеризованных сливок.
Цвет	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе.	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе.
Физико-химические показатели		
Массовая доля жира, %:	15	15
Кислотность, °Т	80	70
Содержание селена мкг/кг	—	75
Микробиологические показатели		
КОЕ/г:		
бифидобактерий	$1 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$
пропионовокислые бактерии	$2 \cdot 10^9$	$4 \cdot 10^9$
St. Cremoris	$2 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^9$

**Таблица 9. Свойства сметаны через 7 суток хранения.**

Органолептические характеристики		
Наименование показателя	Контроль	Опыт
Внешний вид и консистенция	Однородная густая. Наблюдается небольшая крупка.	Однородная плотная густая. Поверхность гладкая, глянцевая.
Вкус и запах	Чистый кисловатый с привкусом пастеризованных сливок.	Чистый нежный кисломолочный, с ярко выраженным привкусом пастеризованных сливок.
Цвет	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе.	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе.
Физико-химические показатели		
Массовая доля жира, %:	15	15
Кислотность, °Т	85	73
Содержание селена мкг/кг	—	75
Микробиологические показатели		
КОЕ/г:		
бифидобактерий	$8 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^9$
пропионовокислые бактерии	$9 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^9$
St. Cremoris	$1 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$

Результаты, приведенные в таблицах свидетельствуют, что показатели в опытном и в контрольном образцах соответствуют нормам. Но органолептические показатели сметаны, обогащенной селеном на порядок лучше, чем в контроле. Также в опытном образце количество жизнеспособных клеток выше, чем в контроле. Возможно, это объясняется большим присутствием ЭПС. В литературе имеются данные, что экзополимеры являются ауторегуляторами роста популяций. Эти соединения не являются обязательными для роста бактерий, но, как правило, быстро используются в биосинтетических процессах и служат легко доступным источником необходимых мономеров, выполняют функцию детоксикантов, специфических стимуляторов роста.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение симбиотической закваски прямого внесения обогащенной селеном позволяет улучшить качество сметаны.

## ВЫВОДЫ

1. Исследована устойчивость *St. Cremoris* к различным дозам селена. Установлено, что молочнокислые бактерии рода *Streptococcus Cremoris* устойчивы к высоким дозам селена.
2. Выбрано оптимальное соотношение культур *St. Cremoris*, *B. Bifidum* и *Propionibacterium Freudenreichii subsp. Schermanii AC2503* (40:30:30), при котором наблюдается сбалансированный рост популяций трех культур и полученная закваска обладает наилучшими органолептическими показателями и высокой биохимической активностью.
3. Разработана технология замороженного концентрата для производства сметаны.
4. Выбраны и обоснованы технологические параметры производства сметаны, обогащенной селеном.
5. На основании проведенных исследований разработана пробиотическая сметана на основе *St. Cremoris*, *B. Bifidum* и *P. shermanii AC2503*, обогащенная селеном, которая обладает лечебно-профилактическими свойствами.
6. Установлено, что продукт обладает высокими потребительскими свойствами.