

УДК 637.146

Харитоновна Инна, Просеков Александр Юрьевич,
Шрамко Мария Ивановна

ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНЦЕНТРАТОВ ЛАКТОБАКТЕРИЙ В ПРОЦЕССЕ КРИОЗАМОРАЖИВАНИЯ И СУБЛИМАЦИОННОЙ СУШКИ

Изучены сравнительные характеристики некоторых видов бакконцентратов, полученных традиционным способом и гранулированных криозамороженных бакконцентратов. Рассмотрены характеристики сублимационной сушки бакконцентратов.

Ключевые слова: культуральная жидкость, биомасса, бактериальная закваска, бактофуга, бактериальный концентрат.

Inna Kharitonova, Alexander Prosekov, Maria Shramko

INVESTIGATION INTO QUALITY FEATURES IN LACTOBACILLI CONCENTRATE THROUGH CRYO-FREEZING AND SUBLIMATION DRYING

The item offers the outcomes of a study into the comparative features of some of bacterial concentrates obtained in a conventional manner and granulated cryo-frozen bacterial concentrates. There is a view presented on the features of sublimation drying of bacterial concentrates.

Key words: culture liquid, biomass, bacterial starter, bactofuge, bacterial concentrate.

В соответствии с техническим регламентом на молоко и молочную продукцию бактериальные концентраты относятся к функционально необходимым компонентам, так как являются неотъемлемым элементом технологии производства ферментированных молочных продуктов: сыров, творога, сметаны, кисломолочных продуктов (напитков) и молочных продуктов, обогащенных пробиотическими микроорганизмами.

Бактериальные концентраты представляют собой специально подобранные и подготовленные комбинации молочнокислых бактерий.

В зависимости от физического состояния бактериальные закваски и концентраты подразделяются на [1; 2]: жидкие, сухие, замороженные, на плотных питательных средах.

В зависимости от способа или технологии получения бактериальные закваски или концентраты подразделяют на:

- закваски (БЗ), при производстве которых не проводится концентрирование микробных клеток, поэтому количество колоний образующих единиц в 1 см³ не превышает 10 млрд;
- концентраты (БК), при производстве которых обязательным этапом является концентрирование бактериальной массы, поэтому в 1 г БК количество К.О.Е. более 10 млрд.

На сегодняшний день наибольший интерес вызывают сухие БК. Они имеют ряд преимуществ: высокое концентрирование жизнеспособных клеток в 1 г продукта, удобство транспортировки и использования [3; 4].

Повышение качества и конкурентоспособности бакконцентратов – актуальная проблема. Наиболее перспективным направлением в этой области является применение гранулирования и криозамораживания микробной массы в жидком азоте и хранение гранул при низких температурах до внесения в молоко.

Данная работа была посвящена особенностям криозамораживания некоторых ранее не изучавшихся видов бактериальных концентратов.

В качестве объектов исследований были выбраны поливидовые бактериальные концентраты, вырабатываемые ФГНБУ «ВНИМИ»:

- КЛ, применяется для производства творога зерненного, простокваши, ацидофилина. Штаммовый состав: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis* с добавлением или без добавления *Lactococcus lactis subsp. cremoris*;
- КЛТ, применяется для производства творога. Штаммовый состав: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus* с добавлением или без добавления *Lactococcus lactis subsp. cremoris*;
- КТС, применяется для производства сметаны. Штаммовый состав: *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*;
- ККД, применяется для производства сметаны. Штаммовый состав: *Lactococcus lactis subsp. Cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetylactis*.

С целью определения выживаемости клеток в процессе заморозки были проведены эксперименты по получению замороженных гранул бактериальной суспензии. В таблице 1 представлены микробиологические показатели бактериальных суспензий, замороженных в низкотемпературном шкафу и в жидком азоте.

Таблица 1

**Микробиологические параметры замороженной гранулированной суспензии
бактериальных концентратов**

Название концентрата	Кол-во клеток в бактериальной суспензии до заморозки, КОЕ/г	Кол-во клеток в бактериальной суспензии, замороженной в низкотемпературном шкафу, КОЕ/г	Кол-во клеток в бактериальной суспензии, замороженной в жидком азоте, КОЕ/г
КЛТ	$(1,2 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$	$(1,0 \pm 0,12) \cdot 10^{11}$	$(1,2 \pm 0,2) \cdot 10^{11}$
ККД	$(1,0 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$	$(0,9 \pm 0,08) \cdot 10^{11}$	$(0,9 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$
КТС	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^{11}$	$(1,2 \pm 0,15) \cdot 10^{11}$	$(1,5 \pm 0,2) \cdot 10^{11}$
КЛ	$(2,5 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$	$(2,2 \pm 0,2) \cdot 10^{11}$	$(2,0 \pm 0,2) \cdot 10^{11}$

Согласно данным таблицы 1, процесс замораживания отрицательно сказывается на количестве жизнеспособных клеток в бактериальной суспензии, что полностью согласуется с данными литературных источников. Статистических различий в выживаемости бактериальных клеток, замороженных в низкотемпературном шкафу и в жидком азоте, не наблюдается. Однако наблюдается некоторое более высокое среднее значение количества клеток в 1 грамме, полученном с использованием жидкого азота. Это объясняется более щадящими условиями процесса криозамораживания, приводящими к снижению количества кристаллов льда в бактериальной суспензии. При проведении экспериментов с концентратом КЛ была допущена технологическая задержка: бактериальная суспензия не была заморожена непосредственно после её производства и находилась порядка 1,5–2 часов при температуре $(4 \pm 2) ^\circ\text{C}$. В связи с чем наблюдалась более низкая концентрация жизнеспособных клеток в суспензии, замороженной как в низкотемпературном шкафу, так и в жидком азоте. Данный факт необходимо учитывать в дальнейшем при производстве сухих гранулированных бактериальных концентратов.

С целью определения возможности прохождения бактериальной суспензии через коллектор гравитационного гранулятора, а также с целью определения выживаемости клеток во время сушки была предложено две дозировки внесения защитной среды. Первое соотношение (№ 1) – отношение бактериальной массы к защитной среде 1:1; второе соотношение (№ 2) – отношение бактериальной массы к защитной среде 1:0,75. Использование бактериальной суспензии КЛ полученной по соотношению № 1 объемом 2 дм³ позволило осуществить гранулирование в течение (10 ± 1) мин, без создания избыточного давления. Использование бактериальной суспензии, полученной по соотношению № 2, было затруднительно в связи с медленной скоростью образования капель, (время гранулирования, того же объема увеличилось в 1,5 раза, и составило (15 ± 1) минута). По истечении данного

времени вся жидкая суспензия была сгранулирована, но визуально на коллекторе было определено наличие сгустков бактериальной массы, размеры которых превышают размер пор коллектора. Создание избыточного давления позволили частично продавить данные сгустки, однако полностью данная проблема не была решена. В дальнейшем для получения бактериальной суспензии применялся электрический миксер, с частотой вращения шнека от 60 до 300 оборотов в минуту, это позволило получить однородную бактериальную суспензию без сгустков бактериальной массы, за $(1,5 \pm 0,5)$ минуты, что существенно быстрее, чем при ручном методе перемешивания.

Была осуществлена сублимационная сушка полученных гранул бактериального концентрата КЛ. Гранулированную суспензию высушивали совместно с концентратами, получаемыми с помощью низкотемпературного шкафа, контроля в процессе сушки не осуществлялся. Данные по микробиологическим показателям сухого бактериального концентрата КЛ, полученного при различных дозах защитной среды, и с использованием жидкого азота представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Микробиологические показатели сухого бактериального концентрата КЛ
полученного с использованием жидкого азота**

Соотношение бактериальной массы и защитной среды	Кол-во клеток в бактериальной массе до криозамораживания, КОЕ/г	Кол-во клеток в сухом бактериальном концентрате, КОЕ/г	Активность сухого бактериального концентрата, °Т
1:1	$(50,0 \pm 2) \cdot 10^{10}$	$(35 \pm 3) \cdot 10^{10}$	31
1:0,75		$(12 \pm 1,6) \cdot 10^{10}$	15

Согласно данным таблицы 2, доза внесения защитной среды оказывает существенное влияние на выживаемость клеток при сублимационной сушке. Уменьшение дозы защитной среды на 25 % повлекло уменьшение количества жизнеспособных клеток в 1 г сухого бактериального концентрата, полученного с использованием гравитационного гранулятора, в среднем в 2,85 раза. Таким образом, в дальнейшей работе будет применяться соотношение бактериальной массы и защитной среды (1:1).

Сублимационная сушка бактериальных концентратов осуществлялась в сублимационной сушилке ТГ-50.

Толщина слоя гранул в кювете составляло 15–17 мм, что на 7–9 мм больше чем при сушке бактериального концентрата, получаемого с использованием низкотемпературного шкафа. Однако, несмотря на увеличение толщины продукта в кювете наличие воздушных зазоров между гранулами увеличивало площадь испарения влаги и позволяло более равномерно распределять тепло. Данный факт позволяет сделать предположение об ускорении процесса испарения влаги при сушке гранулированного бактериального концентрата.

Контроль над процессом сублимационной сушки осуществлялся по следующим технологическим параметрам: температура змеевика, температура полок, температура продукта. При этом время окончания процесса сушки определялось по отсутствию изменения положительной температуры продукта более 1,5 часов. Средние величины изменения технологических параметров сублимационной сушки для всех используемых бактериальных концентратов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Изменения технологических параметров сублимационной сушки

Время сушки, ч	Сушка гранулированной суспензии			Сушка суспензии, полученной с использованием низкотемпературного термостата		
	Температура змеевика, °С	Температура полок, °С	Температура продукта, °С	Температура змеевика, °С	Температура полок, °С	Температура продукта, °С
начало сушки	-70	-8	-38	-70	-7	-38
1	-70	-3	-37	-70	-6	-37

Время сушки, ч	Сушка гранулированной суспензии			Сушка суспензии, полученной с использованием низкотемпературного термостата		
	Температура змеевика, °С	Температура полок, °С	Температура продукта, °С	Температура змеевика, °С	Температура полок, °С	Температура продукта, °С
2	-70	0	-37	-72	-3	-35
3	-68	+3	-33	-71	0	-34
5	-70	+7	-27	-71	+3	-32
7	-70	+11	-19	-71	+9	-23
10	-72	+21	+1	-72	+19	-9
14	-75	+27	+7	-72	+27	+1
18	-75	+27	+15	-73	+27	+6
20	-75	+27	+27	-73	+27	+18
22	-75	+27	+27	-74	+27	+27

Данные, представленные в таблице 3, позволяют сделать вывод о верности предположения о том, что при высушивании гранулированного концентрата продолжительность процесса сублимационной сушки уменьшается. Это позволяет непосредственно сократить время на производственный цикл, а также уменьшить экономические затраты на энергоресурсы, потраченные на сублимационную сушку.

Микробиологические характеристики сухого бактериального концентрата представлены в таблице 4.

Таблица 4

Микробиологические характеристики сухих бактериальных концентратов

Название концентрата	Кол-во клеток в сухом бактериальном концентрате, полученного с использованием низкотемпературного шкафа, КОЕ/г	Активность концентрата, полученного с использованием низкотемпературного шкафа, Δ °Т	Кол-во клеток в сухом бактериальном концентрате, полученного с использованием жидкого азота, КОЕ/г	Активность концентрата, полученного с использованием жидкого азота, Δ °Т
КЛТ	$(4,4 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$	21	$(2,5 \pm 0,08) \cdot 10^{11}$	25
ККД	$(3,3 \pm 0,11) \cdot 10^{11}$	21	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{11}$	25
КТС	$(3,4 \pm 0,09) \cdot 10^{11}$	не определялось	$(4,3 \pm 0,11) \cdot 10^{11}$	не определялось
КЛ	$(4,3 \pm 0,12) \cdot 10^{11}$	19	$(3,5 \pm 0,11) \cdot 10^{11}$	22

Согласно данным, представленным в таблице 4, количество жизнеспособных клеток в сухом бактериальном концентрате, полученном при использовании жидкого азота, в 1,6–1,7 раза ниже чем в бактериальном концентрате, полученном при использовании низкотемпературного шкафа, за исключением молочнокислых палочек. Активность бактериального концентрата, полученного с использованием жидкого азота, в 1,2 раза выше чем активность бактериального концентрата, полученного при использовании низкотемпературного шкафа.

Литература

1. Перфильев Г. Д. Бактериальные закваски и концентраты в биотехнологии сыроделия. Научные и практические аспекты // Сб. материалов Международного специализированного научно-практического семинара «Бактериальные закваски и биологические средства, применяемые в производстве ферментированных молочных продуктов в России». Углич, 2005. С. 9–14.
2. Кантере В. М. Теоретические основы технологии микробиологических производств. М.: Агропромиздат, 1990. 271 с.
3. Банникова Л. А. Селекция молочнокислых бактерий и их применение в молочной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1975. 255 с.
4. Ганина В. И., Королева Н. С., Фильчакова С. А. Техническая микробиология продуктов животного происхождения. М.: ДеЛи принт, 2008. 352 с.