

УДК 519.178, 004.942, 57.087

*Метою досліджень було вивчити можливість моделювання складу жирних кислот молочнокислими бактеріями при виробництві кислосливкового масла. Встановлено збільшення вмісту транс-11 ізомерів у складі ліпідів кислосливкового масла, що свідчить про їх синтез молочнокислою мікрофлорою. Максимальне збільшення вмісту транс-11 ізомерів відзначено у зразках кислосливкового масла, виготовленого при спільному культивуванні *Flora Danica* і ацидофільної палички*

*Ключові слова: кислосливкове масло, *Lb. acidophilum* La-5, жирнокислотний склад, кон'югована лінолева кислота*

*Целью исследований было изучить возможность моделирования состава жирных кислот молочнокислыми бактериями при производстве кислосливочного масла. Установлено увеличение содержания транс-11 изомеров в составе липидов кислосливочного масла, что свидетельствует об их синтезе молочнокислой микрофлорой. Максимальное увеличение содержания транс-11 изомеров отмечено в образцах кислосливочного масла, изготовленного при совместном культивировании *Flora Danica* и ацидофильной палочки*

*Ключевые слова: кислосливочное масло, *Lb. acidophilum* La-5, жирнокислотный состав, конъюгированная линолевая кислота*

# ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ КИСЛОСЛИВОЧНОГО МАСЛА, ИЗГОТОВЛЕННОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕЗОФИЛЬНОЙ И ПРОБИОТИЧЕСКОЙ КУЛЬТУР

**Л. Я. Мусий**

Ассистент\*

E-mail: musiyuba@mail.ru

**О. Й. Цисарьк**

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор \*

E-mail: tsisaryk\_o@yaahoo.com

**О. В. Голубец**

Кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник\*

E-mail: GolubetsOlga@yandex.ru

**С. Н. Шкаруба**

Кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник\*\*

E-mail: Shkaruba70@mail.ru

\*Кафедра технологии молока и молочных продуктов Львовский национальный университет ветеринарной медицины и биотехнологий им. С. З. Гжицкого ул. Пекарская, 50, г. Львов, Украина, 79010

\*\*Научно-исследовательский центр испытаний продукции ГП "Укрметрестандарт"

ул. Метрологическая, 4, г. Киев, Украина, 03680

## 1. Введение

Производство продуктов «для здоровья» с лечебно-профилактическими свойствами, значительную часть которых составляют молочные, является одной из главных задач пищевой промышленности. Для формирования таких свойств часто используют различные добавки. Однако среди основных мировых трендов производства пищевых продуктов первую позицию занимает их натуральность, что особенно важно для молочных продуктов. В последние годы возвращается особое внимание к сливочному маслу, которому длительное время несправедливо предписывали свойства, оказывающие вредное влияние на здоровье человека. Однако открытие уникальных биологических свойств некоторых жирных кислот, особенно транс-11 изомеров олеиновой и линолевой, а также короткоцепочеч-

ных, которые характерны только для молочного жира жвачных животных, во многом послужило пересмотру роли сливочного масла в диете человека, в том числе и пожилого возраста. Кислосливочное масло может приобрести дополнительные ценные свойства, благодаря как использованию пробиотических молочнокислых культур, так и возможности моделирования жирнокислотного состава, в первую очередь увеличению транс-11 позиционных изомеров ненасыщенных жирных кислот, о возможном синтезе которых молочнокислыми бактериями сообщается в литературе.

Исходя из этого, исследования, посвященные возможному моделированию жирнокислотного состава молочных липидов при изготовлении кислосливочного масла с использованием традиционных мезофильных культур и сочетании с пробиотическими культурами в зависимости от условий культивирования и

способа внесения заквасочных препаратов, являются актуальными.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Молочный жир имеет большое значение как источник энергии, пластического материала, биологически активных соединений в диете человека, он также обуславливает вкусо-ароматический букет, консистенцию и текстуру молочных продуктов. Сливочное масло является продуктом с высокой концентрацией молочного жира, жирнокислотный состав которого непосредственно влияет не только на органолептические свойства, но и на биологическую ценность и особенности технологического процесса его изготовления [1].

Сегодня внимание многих ученых сфокусировано на исследованиях жирнокислотного состава сливочного масла, который среди компонентов молока-сырья подвергается самым сильным воздействиям различных факторов, прежде всего кормления, что, в свою очередь, обусловлено временем года [2].

Интерес к содержанию отдельных жирных кислот вызван открытием в последние годы роли жирных кислот не только как компонентов мембран, чем определяется их свойства и функции, но и как важных биологических регуляторов, причем на тонком уровне – уровне генома.

Модификация состава молочного жира путем внесения немолочных жиров подвергается справедливой критике, мощным аргументом которой есть особенные вкусо-ароматические свойства натурального масла [3], в частности кисломолочного, а также открытие биологической роли многих минорных компонентов молочного жира [4, 5], наделенных уникальными биологическими свойствами. Тревогу вызывает высокое соотношение между содержанием насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в молочном жире, поскольку существует положительная связь между потреблением насыщенных жирных кислот и гиперлипидемией у человека, что сопряжено с сердечно-сосудистыми заболеваниями [6]. Особенно вредно высокое потребление миристиновой, пальмитиновой и лауриновой кислот, поскольку они повышают концентрацию липопротеинов низкой плотности в крови, тогда как высокое потребление ненасыщенных жирных кислот вызывает обратный эффект [6, 7]. Жирнокислотный состав молочного жира требует модификации, особенно в осенне-зимний период, когда он содержит больше насыщенных жирных кислот, что существенно влияет не только на его биологическое значение, но и на физические свойства и текстуру масла.

Важно подчеркнуть, что среди жирных кислот молочного жира есть уникальные кислоты, синтезированные в рубце и имеющиеся только в молоке жвачных, в частности, масляная кислота, разветвленные жирные кислоты, цис-9, транс-11 конъюгированная линолевая кислота (с9, t11 КЛК) и ее предшественник вакценовая кислота (t11 С18:1). Эти жирные кислоты обладают разносторонними биологическими свойствами [8].

Поскольку цис-9, транс-11 КЛК синтезируется микроорганизмами рубца, нами было сделано предположение о возможном ее синтезе молочнокислой микро-

флорой заквасочных композиций при производстве кисломолочного масла, чему нашли подтверждения в литературе [9].

Целью работы было исследовать состав жирных кислот кисломолочного масла при применении мезофильной молочнокислой культуры DVS Flora Danica и с включением *Lbm. acidophilum* пробиотического штамма La-5 по сравнению со сладкомолочным маслом.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

1. Исследовать состав жирных кислот кисломолочного масла при применении традиционной для кисломолочного масла мезофильной молочнокислой культуры Flora Danica, сочетании ее с *Lbm. acidophilum* пробиотического штамма La-5 и *Lbm. acidophilum* La-5 самостоятельно.

2. Выяснить влияние температурных режимов сквашивания сливок и способа внесения заквасочных препаратов на жирнокислотный состав масла.

## 3. Исследование жирнокислотного состава кисломолочного масла в зависимости от микробной композиции, температурных режимов культивирования и способа внесения заквасочного препарата

Для производства кисломолочного масла использовали заквасочные композиции для непосредственного внесения DVS (фирмы Chr. Hansen, Дания): мезофильную ароматическую культуру Flora Danica (содержит *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* ssp. *diacetylactis*), а также пробиотическую культуру *Lbm. acidophilum* La-5 (штамм, аналогичен находящемуся в кишечнике человека). Для сквашивания сливок использовали рекомендованные производителями дозы заквасочных препаратов – Flora Danica (FD) самостоятельно, в сочетании с культурой ацидофильной палочки (FD+La-5) и самостоятельно (La-5).

Молочное сырье (сливки) для производства кисломолочного масла заготавливали в феврале во время стойлового содержания коров. Сливки с массовой долей жира 33 % пастеризовали при температуре 95 °С без выдержки.

С учетом особенностей развития заквасочных композиций при различных температурах и технологии производства кисломолочного масла нами было изготовлено четыре группы масла:

I группа (K1, K2, K3 образцы при использовании FD; FD+La-5; La-5 соответственно) – сквашивание сливок при температуре 30±1 °С 6 ч. (оптимальная температура роста для мезофильных микроорганизмов и накопления диацетила) и физическое созревание при температуре 7±1 °С 8 ч.;

II группа (K4, K5, K6 образцы при использовании FD; FD+La-5; La-5 соответственно) – сквашивание сливок при температуре 37±1 °С 6 ч. (оптимальная температура роста для *Lbm. acidophilum* La-5) и физическое созревание при температуре 7±1 °С 8 ч.;

III группа (K7, K8, K9 образцы при использовании FD; FD+La-5; La-5 соответственно) – 8±1 °С (2 ч.) →

→ биологическое созревание  $20 \pm 1$  °C (8 ч.) →  $12 \pm 1$  °C (10 ч.) – зимний ступенчатый режим производства кисломолочного масла, аналогичный альнарпскому;

IV группа (K10, K11, K12 образцы при использовании FD; FD+La-5; La-5 соответственно) – внесение заквасочных композиций в масляное зерно;

C – сладкосливочное масло (контроль).

Масло изготавливали способом взбивания сливок с трехкратным повторением. Образцы для анализа отбирали в полистироловые емкости 200 мл и хранили в холодильнике при минусовых температурах.

Жирнокислотный состав масла исследовали методом газожидкостной хроматографии на газовом хроматографе Hewlett Packard HP-6890 с применением капиллярной колонки HP-88 (88 % – cyanopropyl aryl – polysiloxane, Agilent Technologies) длиной 100 м, с внутренним диаметром 0,25 мм и толщиной неподвижной фазы 0,2 мкм при следующих условиях: скорость потока газа – носителя – 1,2 мл/мин., коэффициент разделения потока – 1:100, температура испарителя – 280 °C, температура детектора (ПВД) – 290 °C, температурный режим колонки – постепенный нагрев от 60 °C до 230 °C.

Сквашивание сливок заквасочными композициями для непосредственного внесения DVS при производстве кисломолочного масла оказало влияние на состав жирных кислот молочного жира, о чем свидетельствуют данные, приведенные в табл. 1. К главным изменениям следует отнести уменьшение доли масляной кислоты (C4:0) на 14,5 % ( $p < 0,01$ ) и 12,2 % ( $p < 0,05$ ) в K1 и K2 образцах масла соответственно по сравнению со сладкосливочным маслом. Это уникальная кислота молочного жира, которая синтезируется *de novo* в секреторных клетках молочной железы и является доминирующей среди короткоцепочечных жирных кислот молочных липидов жвачных. Содержание капроновой кислоты также демонстрировало тенденцию к уменьшению в большинстве образцов кисломолочного масла, за исключением представителей группы, при изготовлении которой заквасочный препарат вносили в масляное зерно. Это может свидетельствовать об использовании указанных короткоцепочечных жирных кислот молочнокислыми бактериями. По содержанию каприловой и каприновой кислот существенных различий между опытными и контрольными образцами не обнаружено.

Важной задачей является уменьшение доли среднецепочечных насыщенных жирных кислот (C12:0–C16:0) в сливочном масле, поскольку они повышают концентрацию липопротеинов низкой плотности в крови и обладают атерогенным действием [9]. Относительно содержание отдельных среднецепочечных жирных кислот не прослеживается однонаправленная тенденция – их содержание приблизительно одинаковое по сравнению с контролем, аналогично, как и содержание стеариновой кислоты. Стеариновая кислота обладает тромбогенным действием [10], ее содержание не подвергается существенным изменениям.

Интерес представляет содержание цис-11 C18:1, оно во всех образцах кисломолочного масла проявляет тенденцию к возрастанию сравнительно со сладкосливочным, причем в 1-й группе статистически вероятно (K1, K2 и K3). Такая же закономерность обнаружена и относительно транс-11 C18:1. При этом содержание олеиновой кислоты (цис-9 C18:1) проявляет тенденцию к уменьшению в образцах кисломолочного мас-

ла, по сравнению со сладкосливочным. Это может свидетельствовать об изомерных изменениях C18 кислот молочнокислыми бактериями, что подтверждается ростом общего количества транс-изомеров жирных кислот. Среди изомерных форм наибольший интерес представляют два изомера – транс-11 C18:1 и цис-9, транс-11 C18:2. Так, содержание транс-11 C18:1 увеличилось с 5,19 % в сладкосливочном масле до 5,28–5,41 % в образцах кисломолочного, достигая максимума в K2 ( $p < 0,05$ ).

Содержание биологически активной [11] КЛК было выше в образцах кисломолочного масла, также достигая максимума в K2 ( $p < 0,05$ ). Эти результаты относительно содержания транс-11 изомеров в образце K2 позволяют предположить, что при совместном культивировании молочнокислых бактерий *Flora Danica* и ацидофильной палочки при температуре 30 °C указанные изомеры активно синтезируются молочнокислыми бактериями.

Интересно отметить, что во всех образцах кисломолочного масла, за исключением K9, обнаружено меньшее содержание транс-6 и транс-9 изомеров C18:1 (в образцах K1 и K2 достоверно), такая же закономерность зарегистрирована относительно транс-9, цис-12 C18:2.

Потребление цис-9, транс-11 КЛК имеет большое значение для здоровья человека [12, 13]. Экспериментально установлено, что цис-9, транс-11 КЛК ингибирует развитие злокачественной меланомы человека, а также раковые клетки линии MCF-7 прямой кишки и молочной железы [13]. Значительно ингибируется при действии КЛК развитие лейкемии, мезотелиомы, глиобластомы, а также раковых клеток прямой кишки, яичников [14] и двух клеточных линий гепатомы человека [15]. В настоящее время установлено, что КЛК проявляет эффективное действие при следующих заболеваниях: раке, атеросклерозе, диабете, деминерализации костей, ожирении [16]. Поэтому одним из наиболее актуальных направлений исследований является поиск путей обогащения молочных продуктов КЛК, а также ее предшественником – транс-11 C18:1.

Характерными компонентами молочного жира являются жирные кислоты с разветвленной углеродной цепью (изо-C14:0, изо-C15:0, изо-C17:0, антеизо-C17:0). Наибольшее количество из этой группы кислот в образцах масла составляла кислота изо-C17:0. Доля разветвленных жирных кислот была похожей во всех образцах масла.

Содержание эйкозатриеновой, эйкозатетраеновой, эйкозапентаеновой и докозапентаеновой кислот во всех образцах масла приблизительно одинаковое.

Самые незначительные изменения содержания отдельных жирных кислот, по сравнению со сладкосливочным маслом, зарегистрированы для образцов 4-ой группы кисломолочного масла, где заквасочные препараты вносили в масляное зерно.

Анализ содержания основных групп жирных кислот показывает (табл. 2), что соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот во всех образцах составляет 0,63–0,64. Можно отметить тенденцию к отрицательной корреляции суммы короткоцепочечных жирных кислот (C4–C10) и суммой C18 кислот, за исключением образцов K4, K5, где применяли повышенные температуры культивирования для *Flora Danica* (37 °C), причем эта закономерность достоверна для K1 и K2.

Таблица 1

Жирнокислотный состав липидов масла, % общего количества жирных кислот ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )

Код кислоты	C	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K 10	K 11	K 12
C4:0	3,11	2,66**	2,73*	2,91	2,85	2,9	3,06	3,07	2,71	3,23	3,37	3,41	3,04
C6:0	1,69	1,55*	1,59	1,66	1,63	1,65	1,64	1,65	1,48*	1,71	1,78	1,74	1,68
C8:0	0,95	0,9	0,92	0,94	0,92	0,96	0,91	0,92	0,85	0,91	0,95	0,92	0,95
C9:0	-	0,02	-	-	-	-	-	0,02	-	-	-	-	-
C10:0	1,99	1,96	2,0	2,01	2,02	2,03	1,96	1,95	1,87	1,96	1,97	1,92	2,02
C10:1	0,17	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,16	0,17
C12:0	2,24	2,24	2,28	2,29	2,29	2,29	2,21	2,2	2,18	2,22	2,21	2,17	2,27
C13:0	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08
C14:0	8,43	8,47	8,5	8,46	8,55	8,53	8,33	8,31	8,38	8,34	8,32	8,28	8,48
изо-C14:0	0,32	0,32	0,3	0,31	0,33	0,31	0,32	0,31	0,31	0,3	0,31	0,31	0,31
C14:1	0,65	0,7	0,67	0,68	0,67	0,65	0,75	0,77	0,71	0,69	0,68	0,67	0,65
C15:0	1,28	1,3	1,3	1,29	1,31	1,3	1,28	1,29	1,28	1,29	1,29	1,28	1,29
изо-C15:0	0,34	0,33	0,34	0,34	0,34	0,35	0,33	0,33	0,33	0,34	0,33	0,33	0,34
C16:0	25,3	25,4	25,5	25,3	25,5	25,4	25,3	25,1	25,5	25,1	25,2	25,2	25,3
изо-C17:0	0,65	0,65	0,66	0,67	0,67	0,65	0,64	0,66	0,67	0,66	0,66	0,65	0,63
анте-изо-C17:0	0,35	0,33	0,34	0,33	0,34	0,33	0,35	0,33	0,35	0,33	0,33	0,33	0,34
C17:0	0,8	0,8	0,81	0,8	0,82	0,79	0,8	0,81	0,81	0,8	0,81	0,81	0,8
c9 C16:1	1,09	1,08	1,09	1,08	1,09	1,09	1,07	1,08	1,08	1,08	1,06	1,07	1,07
c11 C16:1	0,58	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,58	0,57	0,6	0,58	0,58	0,59	0,58
C17:1	0,15	0,14	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
C18:0	13,4	13,56	13,5	13,5	13,4	13,3	13,5	13,5	13,6	13,4	13,4	13,5	13,4
t6, t9 C18:1	0,6	0,51*	0,46**	0,53	0,54	0,53	0,52	0,57	0,56	0,6	0,56	0,57	0,59
t11 C18:1	5,19	5,34	5,41*	5,35	5,3	5,29	5,33	5,33	5,33	5,28	5,22	5,23	5,2
c9 C18:1	22,5	22,2	22,3	22,2*	22,3	22,3	22,3	22,3	22,7*	22,4	22,4	22,5	22,5
c11 C18:1	1,15	1,46**	1,48***	1,4**	1,29	1,38	1,33	1,43	1,29	1,31	1,23	1,26	1,21
c12 C18:1	0,26	0,3	0,29	0,29	0,26	0,29	0,31	0,32	0,3	0,3	0,28	0,28	0,28
t13, t14 C18:1	0,36	0,38	0,35	0,37	0,34	0,34	0,34	0,38	0,37	0,37	0,35	0,36	0,35
t16, c14 C18:1	0,14	0,16	0,15	0,18	0,15	0,15	0,16	0,17	0,15	0,17	0,15	0,15	0,15
t9, t12 C18:2	0,19	0,2	0,12***	0,22	0,21	0,2	0,21	0,22	0,2	0,22	0,17	0,18	0,18
t7, c9 C18:2	0,08	-	0,06	0,08	0,06	0,07	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
t8, c10 C18:2	0,11	0,19	0,13	0,13	0,11	0,11	0,1	0,12	0,11	0,11	0,1	0,1	0,1
t9, c12 C18:2	0,14	-	0,09**	0,13	0,11	0,1*	0,1*	0,11	0,11*	0,12	0,12	0,12	0,13
t9, t11 C18:2	0,29	0,31	0,39*	0,34	0,35	0,33	0,3	0,33	0,33	0,32	0,31	0,31	0,3
c9, c12 C18:2	1,31	1,35	1,34	1,34	1,34	1,36	1,31	1,33	1,35	1,33	1,32	1,32	1,33
c9, c13 C18:2	0,17	0,24*	0,17	0,17	0,16	0,17	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
C20:0	0,24	0,22	0,23	0,24	0,23	0,24	0,22	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23
c9, c12, c15 C18:3	0,64	0,63	0,64	0,62	0,64	0,62	0,61	0,63	0,61	0,62	0,63	0,62	0,64
c11 C20:1	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
c9, t11 C18:2 (CLA)	2,02	2,02	2,08*	2,03	2,02	2,05	2,05	2,04	2,05	2,01	2,01	2,01	2,03
t10, c12 C18:2 (CLA)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
c11, t13 C18:2 CLA	0,02	-	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
c9, c11 C18:2 (CLA)	-	0,02	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
t11, t13 C18:2	0,02	0,02	-	0,02	-	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
t11, c13 C18:2	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Продолжение таблицы 1

C21:0	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05
t12, t14 C18:2	0,07	0,07	-	-	-	-	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07
C20:2	0,02	0,01*	0,01*	0,01*	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
C22:0	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
c8,c11c14 C20:3	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
c11, c14, c17 C20:3	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08
c5, c8, c11, c14 C20:4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C20:4	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
C23:0	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
c5, c8, c11, c14, c17 C20:5	0,1	0,12	0,11	0,1	0,11	0,11	0,1	0,11	0,1	0,11	0,11	0,11	0,11
C24:0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
c15 C24:1	-	-	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
c7,c10c13, c16, c19 C22:5	0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,09	0,1	0,1

Примечание: \* - разница вероятна относительно контроля \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$

Таблица 2

Характеристика состава жирных кислот липидов масла, % общего количества жирных кислот ( $M \pm m$ ,  $n = 3$ )

Показатель	C	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Сумма насыщенных	61,4	61,0	61,2	61,3	61,4	61,3	61,2	61,0	60,8	61,1	61,4	61,4	61,4
Сумма ненасыщенных	38,6	39,0	38,8	38,7	38,5	38,7	38,8	39,1	39,2	38,9	38,5	38,6	38,6
Ненасыщен./Насыщен.	0,63	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,63
Сумма C4-C10	7,74	7,09***	7,24***	7,53	7,42	7,54	7,58	7,61	6,91***	7,82	8,06	7,99	7,67
Сумма C12-C16	37,3	37,5	37,7	37,4	37,7*	37,6	37,2	37,0	37,4	37,0	37,1	37,0	37,5
Сумма C18	48,8	49,3*	49,0	49,0	48,7	48,8	49,0	49,3	49,5*	49,1	48,7	48,9	48,8
Сумма > 18	1,0	0,99	0,99	1,0	0,95	1,0	1,0	1,0	1,04	1,0	0,99	0,99	1,04
Сумма n-6	1,4	1,43	1,41	1,4	1,41	1,4	1,4	1,4	1,42	1,4	1,39	1,39	1,41
Сумма n-3	0,9	0,91	0,91	0,9	0,91	0,9	0,9	0,9	0,89	0,9	0,92	0,92	0,93
n-3/n-6	0,7	0,63	0,65	0,7	0,65	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,66	0,66	0,66
Сумма нечетных	2,27	2,29	2,28	2,21	2,26	2,24	2,25	2,28	2,27	2,26	2,25	2,24	2,27
Сумма разветвленных	1,66	1,63	1,64	1,65	1,68	1,65	1,63	1,62	1,66	1,63	1,63	1,61	1,62
Сумма CLA	2,11	2,11	2,17*	2,12	2,1	2,14	2,15	2,13	2,14	2,11	2,1	2,09	2,13
t-9	1,22	1,16	1,02	1,22	1,21	1,16	1,15	1,23	1,2	1,26	1,16	1,18	1,2
t-11	7,56	7,73	7,92*	7,77	7,36	7,73	7,75	7,75	7,77	7,67	7,6	7,61	7,59

Примечание: \* - разница вероятна относительно контроля: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$

$\alpha$ -линоленовая кислота является важным субстратом в процессах образования эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот, которые являются предшественниками простагландинов, лейкотриенов и имеют большое значение для поддержания роста, развития и функционирования многих систем [17]. Доля n-3 линоленовой кислоты была большей в сладкосливочном масле, что отобразилось несколько высшим отношением между кислотами n-3 и n-6 ряда и составило 0,67 в С против 0,63-0,66 в образцах кисломолочного

масла. Можно предположить, что линоленовая кислота подвергается изомеризации, о чем свидетельствует большее содержание 11-транс изомеров в образцах кисломолочного масла.

Сумма всех конъюгированных изомеров была, достоверно самой высокой в К2, в остальных образцах она была приблизительно на таком же уровне, как и в С, за исключением К5, К6 и К8. Интересные и важные данные получены относительно суммы транс-9 и транс-11 изомеров, из которых вытекает, что в образ-



цах К2 содержанию транс-9 изомеров самое низкое, а транс-11 изомеров самое высокое ( $p < 0,05$ ).

Биологическое влияние транс-изомеров определяется местом двойной связи, ее образование зависит от условий гидрогенизации [11]. В рубце жвачных животных образуется преимущественно транс-11 изомеры, тогда как в промышленных условиях – транс-9, поэтому в маргаринах содержание этих позиционных изомеров очень высокое. С потреблением транс-9 изомеров связывают риски для здоровья человека. Результаты исследований показывают, что кисломолочное масло может обогащаться транс-11 изомерами жирных кислот, что содействует приобретению им дополнительных полезных свойств.

#### 4. Выводы

Исследовано состав жирных кислот кисломолочного масла при применении мезофильной молочнокислой культуры *Flora Danica*, сочетании ее *Lbm.*

*acidophilum La-5* и *Lbm. acidophilum La-5* самостоятельно. Результаты исследований свидетельствуют, что комбинирование традиционной для кисломолочного масла микробальной композиции *Flora Danica* и *Lbm. acidophilum* пробиотического штамма *La-5* не только позволяет получить продукт с пробиотическими свойствами, но и моделировать жирнокислотный состав липидов. К главным изменениям следует отнести транс-11 изомеризацию и обогащение кисломолочного масла биологически активными жирными кислотами транс-11 C18:1 и цис-9, транс-11 C18:2, которое наиболее выражено при совместном культивировании *Flora Danica* и *Lbm. acidophilum* штамм *La-5*.

Установлено влияние температурных режимов сквашивания сливок и способа внесения заквасочных препаратов на жирнокислотный состав масла. При использовании заквасочных культур прямого внесения *Flora Danica* и *Lbm. acidophilum La-5* оптимальной для совместного культивирования является температура 30 °С - компромиссная для мезофильных молочнокислых бактерий *Flora Danica* и термофильной ацидофильной палочки.

#### Литература

1. MacGibbon, A. K. H. Composition and structure of bovine milk lipids [Text] / A. K. H. MacGibbon, M. W. Taylor // *Advanced Dairy Chemistry*. – 2006. – Vol. 2. – P. 1–42.
2. Ghazal, A. An investigation in seasonal variations in fatty acid composition of milk and butter [Text] / A. Ghazal // *R & D Milk & Dairy products* Wednesday, 03 September. – 2008.
3. Hillbrick, G. Milk fat characteristics and functionality: Opportunities for improvement [Text] / G. Hillbrick, M. A. Augustin // *Australian Journal of Dairy Technology*. – 2002. – Vol. 57, № 2 – P. 45–51.
4. Jensen, R. G. Invited review: The composition of bovine milk lipids: January 1995 to december [Text] / R. G. Jensen // *Journal of Dairy Science*. – 2002. – Vol. 85, Issue 2. – P. 295–350.
5. Spitsberg, V. L. Invited review: Bovine milk fat globule membrane as a potential nutraceutical [Text] / V. L. Spitsberg // *Journal of Dairy Science*. – 2005. – Vol. 88, Issue 7. – P. 2289–2294.
6. Mensink, R. P. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: A meta-analysis of 60 controlled trials [Text] / R. P. Mensink, P. L. Zock, D. M. Kester, M. B. Katan // *American Society for Clinical Nutrition*. – 2003. – Vol. 77, № 5. – P. 1146–1155.
7. Fernandez, M. L. Mechanisms by which dietary fatty acids modulate plasma lipids [Text] / M. L. Fernandez, K. L. West // *Journal of Nutrition*. – 2005. – Vol. 135. – P. 2075–2078.
8. Цісарик О. Й. Жирнокислотний склад молочного жиру корів [Текст] / О. Й. Цісарик // *Науково-теоретичний журнал Біологія тварин*. – 2008. – Т. 10, № 1–2. – С. 84–102.
9. Domagala, J. The content of conjugated linoleic acid (CLA) in cream fermented using different starter cultures [Text] / J. Domagala, M. Sady, D. Najgebauer-Lejko, M. Czernicka, I. Wieteska, // *Biotechnology in Animal Husbandry*. – 2009. – Vol. 25, № 5-6. – P. 745–751.
10. Lynch, J. M. Flavor and stability of pasteurized milk with elevated levels of conjugated linoleic acid and vaccenic acid [Text] / J. M. Lynch et al. // *Journal of Dairy Science*. – 2005. – Vol. 88, Issue 2. – P. 489–498.
11. Parodi, P. W. Milk Fat in Human Nutrition [Text] / P. W. Parodi // *Australian Journal of Dairy Technology*. – 2004. – Vol. 59, Issue 2. – P. 3–59.
12. Larsen, T. M. Efficiency and safety of dietary supplements containing CLA for the treatment of obesity: Evidence from animal and human studies [Text] / T. M. Larsen, S. Toubro, A. Astrup // *Journal of lipid research*. – 2003. – Vol. 44. – P. 2234–22417.
13. Shultz, T. D. Inhibitory effect of conjugated dienoic derivatives of linoleic acid and  $\beta$ -carotene on the in vitro growth of human cancer cells [Text] / T. D. Shultz, B. P. Chew, W. R. Seaman, L. O. Luedecke // *Cancer Lett*. – 1992. – Vol. 63, Issue 2. – P. 125–133.
14. Schonberg, S. The inhibitory effect of conjugated dienoic derivatives (CLA) of linoleic acid on the growth of human tumor cell lines is in part due to increased lipid peroxidation [Text] / S. Schonberg, H. E. Krokan // *Anticancer Research*. – 1995. – Vol. 15. – P. 1241–1246.
15. Yoon, C. S. Inhibitory effect of conjugated linoleic acid on in vitro growth of human hepatoma [Text] / C. S. Yoon, T. Y. Ha, J. H. Rho, K. S. Sung, I. J. Cho // *The FASEB Journal*. – 1997. – Vol. 11. – P. 578 (Abstract).
16. Kritchevsky, D. Influence of graded levels of conjugated linoleic acid (CLA) on experimental atherosclerosis in rabbits [Text] / D. Kritchevsky, S. A. Tepper, S. Wright, S. K. Czarnecki // *Journal of Nutrition Research*. – 2002. – Vol. 22, Issue 11. – P. 1275–1279.
17. Kandasamy, N. The role of omega-3 fatty acids in cardiovascular disease, hypertriglyceridaemia and diabetes mellitus [Text] / N. Kandasamy, F. Joseph, N. Goenka // *The British Journal of Diabetes & Vascular Disease*. – 2008. – Vol. 8, № 3. – P. 121–128.