

УДК 637.1:576.8.4

АКТИВНОСТЬ МОЛОЧНОКИСЛЫХ И ПРОПИОНОВОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА МОЛОКА

Р. В. СААКЯН

Изучалось влияние содержания микроэлементов в молоке на биохимическую активность, рост и развитие молочнокислых и пропионовокислых бактерий. Установлено, что содержание микроэлементов существенно влияет на физиолого-биохимические свойства клеток. Выявлены минимальные количества этих микроэлементов в молоке, способствующие проявлению присущих штаммам свойств и активности.

Ключевые слова: молоко, молочнокислые и пропионовокислые бактерии, микроэлементы.

В последние годы проблема повышения активности различных видов микроорганизмов, используемых в народном хозяйстве, приобретает все большее значение. Доказано, что в питании микроорганизмов большую роль играют микроэлементы [3, 4, 6, 7, 11, 12], которые влияют на свойства молочнокислых и пропионовокислых бактерий [1, 2, 8, 9, 13]. Однако в литературе не имеется сведений о влиянии изменения микроэлементного состава молока на активность молочнокислых и пропионовокислых бактерий. Между тем, известна значительная изменчивость микроэлементного состава молока различных экономических зон страны в зависимости от ряда факторов. Отсутствие литературных данных о влиянии уровня содержания некоторых (важных с биологической точки зрения) микроэлементов в молоке на биохимическую активность и на свойства указанных бактерий явилось причиной проведения настоящего исследования.

Материал и методика. Изучалось влияние различных доз микроэлементов—марганца, меди, кобальта, цинка—на активность, рост и развитие 6-ти видов молочнокислых бактерий (*Lactobacillus casei*, *L. lactis*, *L. helveticus*, *L. plantarum*, *Streptococcus lactis*, *Str. thermophilus*) и *Propionibacterium shermanii*. Хлористые соли различных доз микроэлементов вносились в молоко из расчета 0,01; 0,025; 0,10; 0,15; 0,30; 0,50; 0,70; 1,0; 5,0; 10,0; 20,0; 40,0; 60,0 мг на 1 кг молока. При этом учитывалось содержание этих же микроэлементов в исходном молоке. Изучались основные свойства кисломолочных сгустков, полученных при внесении в молоко штаммов и соответствующих доз микроэлементов, а также содержание в них некоторых вкусовых веществ (свободные аминокислоты, летучие жирные кислоты, карбонильные соединения). Исследования проводились по общепринятым методикам [5, 10]. Свободные аминокислоты определялись на автоматическом аминокислотном анализаторе, летучие жирные кислоты и карбонильные соединения—методом газожидкостной хроматографии.

Результаты и обсуждение. Исследованиями установлено, что содержание микроэлементов в молоке влияет на кислотообразующую и протеолитическую способности различных видов молочнокислых бактерий. Так, например, предельная кислотность молочнокислых палочек изученных видов при содержании марганца 0,10 мг/кг в среднем составляла 186°Т, с увеличением дозы микроэлемента до 0,70 мг/кг она повышалась и достигала 226°Т. Дальнейшее увеличение количества микроэлемента до 10—15 мг/кг почти не отражалось на величине кислотности и лишь при дозе 40—60 мг/кг начиналось ее снижение. Максимальное кислотообразование (222°Т) у лактобацилл наблюдалось при обогащении молока цинком до концентрации 0,60 мг/кг и меди—0,22 мг/кг. Повышение количества этих микроэлементов до 60 мг/кг сопровождалось снижением кислотообразующей способности штаммов. Минимальным содержанием кобальта в молоке, при котором проявлялась присущая штаммам молочнокислых бактерий кислотообразующая способность, является концентрация 0,025 мг/кг (220°Т). При повышении этой концентрации кислотность почти не менялась, и лишь при количестве его 40—60 мг/кг величина предельной кислотности снижалась. Примерно такие же изменения наблюдались и у молочнокислых стрептококков. Таким образом, как показывают данные, молочнокислые бактерии проявляют наибольшую кислотообразующую способность при содержании в молоке микроэлементов не менее (мг/кг): марганца—0,70, цинка—0,65, меди—0,22, кобальта—0,025.

Под влиянием микроэлементов повышается протеолитическая активность молочнокислых бактерий, что в значительной степени зависит от вида штаммов и микроэлементов—стимуляторов. Так, протеолиз штаммов *L. lactis* под влиянием оптимальных доз марганца повышался на 9,5, *L. casei*—на 7,7, *L. helveticus*—на 21,0, а у термофильных стрептококков—на 30,0%. Примерно та же картина наблюдалась в отношении кобальта. Штаммы молочнокислых бактерий одного и того же вида по-разному реагируют на стимулирующее действие отдельных микроэлементов. Молочнокислые бактерии *L. helveticus* под влиянием оптимальных доз цинка повышали протеолиз всего лишь на 6,4%, тогда как это повышение под влиянием кобальта составляло 17,0%, а марганца—21,0%.

Микроэлементы по-разному действуют на свойства разных видов молочнокислых бактерий, хотя общая тенденция к активации бактерий очевидна. Так, кислотообразующая способность штаммов *L. lactis* под влиянием марганца повышалась в среднем на 24°Т, а *L. helveticus*—на 43°Т. Кобальт в большей степени активизировал кислотообразующую способность штаммов *L. helveticus*. Предельная кислотность термофильных стрептококков под влиянием микроэлементов повышалась от 15 до 35°Т, при этом наиболее эффективно действовал марганец, то же самое обнаружено и в отношении штаммов *Str. lactis*.

Характер влияния различных доз микроэлементов на рост штаммов *Pb. shermanii*, *L. casei*, *Str. thermophilus* отражен на рисунке и в табл. 1. Культивирование пропионовокислых бактерий проводилось в

Таблица 1

Влияние различных доз микроэлементов на рост молочнокислых бактерий в гидролизованном молоке, млн/г

Штамм	Микроэлемент	Количество микроэлемента в среде, мг/кг								
		0,01	0,03	0,10	0,50	1,0	2,5	5,0	20,0	60,0
2476 L. casei	Mn	462	507	550	584	610	646	630	575	503
	Co	502	50	603	605	608	608	614	550	476
	Cu	455	494	574	550	543	510	534	451	350
	Zn	440	450	458	463	466	414	425	402	396
1111 Str. thermophilus	Mn	473	502	547	565	600	620	641	603	558
	Co	507	596	598	601	603	605	610	574	530
	Cu	452	480	500	591	560	550	541	530	410
	Zn	442	417	475	500	576	650	560	497	462

специальной среде в течение 20-ти дней. Максимальное количество клеток наблюдалось после 10-дневной инкубации (рис.), в дальнейшем оно несколько снижалось. Уровень содержания микроэлементов в среде существенно влиял на рост и размножение *Pb. shermanii*, при этом оптимальные концентрации стимулировали рост клеток, а высокие (40—60 мг/кг) несколько снижали его. Изученные микроэлементы по-разному действовали на рост пропионовокислых бактерий. Наиболее замет-

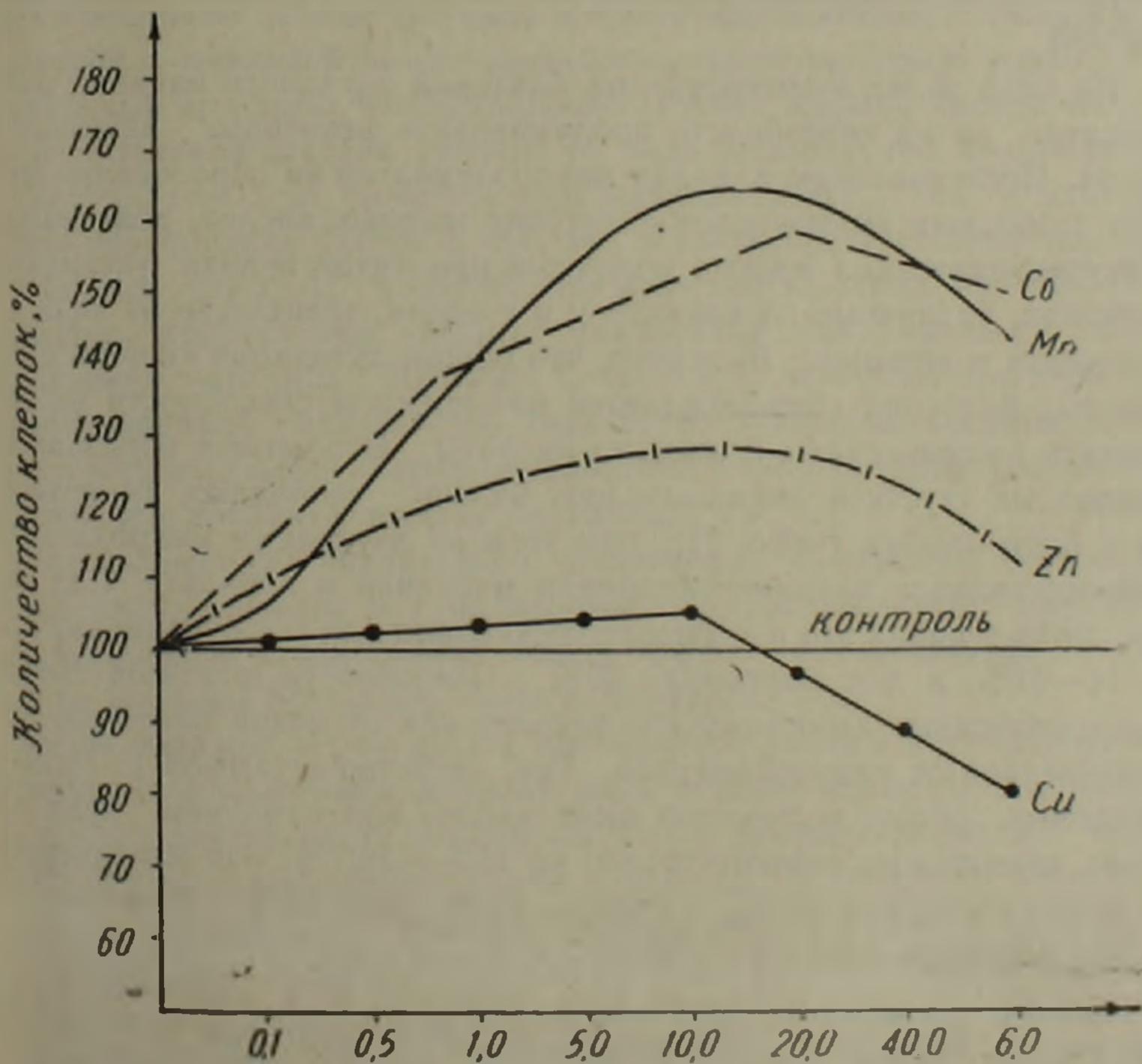


Рис. Влияние различных доз микроэлементов на рост *Pb. shermanii*.

ное влияние оказали оптимальные дозы марганца и кобальта, сравнительно меньшее—цинк. Медь в дозах 0,10—5,0 мг/кг почти не влияла на рост клеток, высокие же дозы ее (20—60 мг/кг) существенно снижали число клеток в средах.

Интересные данные получены также при изучении влияния содержания микроэлементов на рост и развитие молочнокислых палочек и стрептококков (табл. 1). Число клеток в средах после 6-часовой инкубации составляло 17—45, а после 12-часовой—150—300 млн/г, при этом в образцах, обогащенных микроэлементами, количество их значительно превосходило контроль. Максимальное количество клеток в средах наблюдалось при 24-часовом культивировании (330—640 млн/г), после чего оно сильно снижалось. Действие микроэлементов на рост клеток тех или иных видов бактерий было неодинаковым. Так, штамм 2476 *L. casei* наиболее сильно размножался в среде с добавлением марганца и кобальта и очень слабо при обогащении среды цинком, тогда как клетки штамма 1111 *Str. thermophilus* довольно активно развивались под влиянием цинка. Концентрация микроэлементов в среде существенно влияет на число клеток *L. casei* и *Str. thermophilus*. Максимальное количество их наблюдалось при содержании в среде (мг/кг): кобальта—0,07—5,0, марганца—2,0—10,0, меди—0,5—5,0, цинка—0,7—6,0. Повышение дозы микроэлементов до 40—60 мг/кг снижало число клеток в средах.

На пяти видах молочнокислых бактерий изучалось влияние микроэлементов на их способность продуцировать некоторые вкусовые вещества. Исследованием влияния микроэлементов на образование штаммами свободных аминокислот и летучих жирных кислот, роль которых во вкусообразовании многих молочных продуктов велика, установлены изменения, различные по характеру и степени, зависящие от вида микроэлемента и штамма. Выяснено, что общая активация свойств молочнокислых бактерий сопровождается повышением способности их образовывать аминокислоты и жирные кислоты. В опытных образцах кисломолочных сгустков накапливалось больше свободных аминокислот, чем в контрольных (табл. 2), при этом из изученных микроэлементов наиболее сильное влияние оказывали марганец и кобальт. Под влиянием меди и цинка это повышение составляло для молочнокислых палочек 14—17%, а для марганца—35%. Способность штаммов продуцировать свободные аминокислоты зависит как от видов бактерий, так и от применяемых микроэлементов. Так, свойство штаммов *L. lactis* образовывать общее количество аминокислот под влиянием меди и кобальта повышалось соответственно на 15,3 и 13,7%, под влиянием марганца оно достигало 23,0%, а цинка—всего лишь 4,8%. Штаммы *L. casei* под влиянием кобальта повышали общее количество аминокислот в среднем на 11,4, марганца—на 19,5, меди—на 20,3, цинка—на 8,1%, а штаммы *L. helveticus* соответственно—19,2; 20,2; 19,2 и 12,5%. При этом, часто наблюдалась разница в относительном содержании отдельных аминокислот. Кобальт и марганец повышали общее количество

Таблица 2

Содержание свободных аминокислот и летучих жирных кислот в сгустках, мг%

Показатели	Вид молочнокислых бактерий	Вариант	Микроэлементы			
			Mn	Co	Zn	Cu
Сумма свободных аминокислот	палочки	опытный	33,3	24,2	28,1	28,4
		контрольный	24,7	24,7	24,7	24,7
	стрептококки	опытный	6,2	6,5	5,6	5,6
		контрольный	4,0	4,0	4,0	4,0
Сумма летучих жир- ных кислот	палочки	опытный	55,1	57,5	60,1	57,4
		контрольный	49,4	49,4	49,4	49,4
	стрептококки	опытный	23,4	25,1	27,6	28,5
		контрольный	21,0	21,0	21,0	21,0

аминокислот у штаммов *L. casei* одинаково, но их влияние в отношении накопления отдельных аминокислот значительно различалось. Так, под влиянием марганца содержание пролина повышалось на 6,7%, а меди—в 3 раза. Подобные примеры наблюдались и в отношении других микроэлементов.

Добавки микроэлементов стимулировали способность штаммов образовывать летучие жирные кислоты. Их общее количество увеличилось в основном за счет уксусной и пропионовой кислот, а содержание муравьиной и масляной кислот держалось почти на одном уровне. Исследованиями выяснено, что накопление летучих жирных кислот в сгустке в значительной степени зависит от вида штамма, его индивидуальных особенностей и от применяемого микроэлемента. Так, у штаммов *L. lactis* образование уксусной кислоты в наибольшей степени увеличивал марганец (34,8%), а другие микроэлементы—лишь на 10—15%. Количество пропионовой кислоты значительно увеличивалось также под влиянием марганца. Штаммы *L. casei* и *L. helveticus* при этом также продуцировали наибольшее количество уксусной кислоты (18—22%), а максимальный выход пропионовой кислоты у них наблюдался под влиянием кобальта, меди и марганца.

Микроэлементы значительно увеличивали количество свободных летучих жирных кислот и у молочнокислых стрептококков. При этом, на термофильные стрептококки более эффективно действовал марганец, а на штаммы *Str. lactis*—медь и марганец.

Таким образом, в результате проведенной работы установлено, что микроэлементы (марганец, кобальт, медь и цинк) играют существенную роль в жизнедеятельности молочнокислых и пропионовокислых бактерий. Их оптимальные концентрации в молоке обеспечивают активацию физиолого-биохимических свойств, а также рост и развитие этих бактерий. Однако очень сложная ферментная система клеток предопределяет избирательную реакцию в отношении стимулирующего действия того или иного микроэлемента. Изучением влияния различных доз микроэлементов на свойства молочнокислых и пропионовокислых бактерий

установлены их минимальные количества в молоке, при которых штаммы проявляют характерные им свойства и активность. Эти количества для марганца составляют 0,70, цинка—0,65, меди—0,22 и кобальта—0,025 мг/кг.

Ереванский зооветеринарный институт,
кафедра технологии молочных продуктов

Поступило 16.I 1981 г.

ԿԱԹՆԱԹԹՎԱՅԻՆ ԵՎ ՊՐՈՊԻՈՆԱԹԹՎԱՅԻՆ ՄԱՆՐԷՆԵՐԻ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱՆՎԱԾ ԿԱԹԻ ՄԻԿՐՈՏԱՐՐԵՐԻ ԿԱԶՄԻՑ

Ռ. Վ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ

Ուսումնասիրվել է կաթի մեջ մի քանի միկրոտարրերի (մանգան, ցինկ, պղինձ, կոբալտ) տարրեր պարունակության ազդեցությունը կաթնաթթվային և պրոպիոնաթթվային մանրէների կենսաբանական ակտիվության, ինչպես նաև նրանց աճի ու զարգացման վրա: Նշված միկրոտարրերի քանակական փոփոխությունները խիստ ազդում են այդ մանրէների ակտիվության վրա: Մասնավորապես ապացուցված է, որ դրանց բարձր քանակը կաթում (40—60 մգ/կգ) իջեցնում է մանրէների ակտիվությունը, դանդաղեցնում աճն ու զարգացումը: Պարզված է նշված միկրոտարրերի նվազագույն պարունակությունը կաթի մեջ, որոնք թույլ են տալիս կաթնաթթվային և պրոպիոնաթթվային մանրէներին ցուցարբերելու իրենց յուրահատուկ ակտիվությունն ու հատկությունները:

THE ACTIVITY OF LACTIC AND PROPIONIC BACTERIA RELATED TO THE TRACE-ELEMENT COMPOSITION OF MILK

R. V. SAHAKIAN

The influence of the content level of some trace elements in milk on the activity and growth rate of lactic and propionic bacteria has been investigated. Their minimal concentrations in milk stimulate the bacterial activity in following concentrations (mg/kg:) Mn — 0,70; Zn — 0,65; Cu — 0,22; Co — 0,025.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Андерсен И., Лесмент Х. Мат-лы XVIII Междунар. молочного конгресса, 71—72, М., 1972.
2. Воробьева Л. И., Озола Л. Ю. Прикладная биохимия и микробиология, XIII, вып. 4, 531—538, 1977.
3. Гололобов А. Д. В кн.: Биологическая роль микроэлементов и их применение в сельском хозяйстве и медицине, 1, 18—119, Иваново-Франковск, 1978.
4. Диксон М., Уебб Э. Ферменты, 816, М., 1966.
5. Инихов Г. С., Брио Н. Б. Методы анализа молока и молочных продуктов. 423, М., 1971.
6. Лысенков Н. В. Прикладная биохимия и микробиология, 12, вып. 1, 24—29, 1976.

7. *Пейве Я. В., Жизневская Г. Я.* В кн.: Биологическая роль и практическое применение микроэлементов, 1, 9—10, Рига, 1975.
8. *Рамонайтис Д. Б.* Автореф. канд. дисс., 1—27, Каунас, 1973.
9. *Сигаард И.* Мат-лы XVIII Междунар. молочного конгресса, 83, М., 1972.
10. *Скородумова А. М.* Практическое руководство по технической микробиологии молока и молочных продуктов, 296, М., 1962.
11. *Чернавина И. А.* Физиология и биохимия микроэлементов, 282, М., 1970.
12. *Nason A., Mcelroy W.* In Plant physiology, 3 ed., Steward, New York — London, 166—170, 1963.
13. *Rulg W. G.* Intern. sympos. Microchem. Techn, Davos, 229—233, 1977.