

Дополнительная информация / Additional Information

Котова, Т.В. Информационная модель безопасности тонизирующего (энергетического) напитка с лимонником китайским / Т.В. Котова, А.Н. Солопова, В.М. Позняковский // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 37. – № 2. – С. 110–115.

Kotova T.V., Solopova A.N., Poznyakovskiy V.M. The informational safety model of a tonic (energy) drink with Schizandra chinensis. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2015, vol. 37, no. 2, pp. 110–115. (In Russ.)

Котова Татьяна Вячеславовна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, Кемеровский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», 650992, Россия, г. Кемерово, пр. Кузнецкий, 39, тел.: +7 (3842) 75-27-76, e-mail: t_kotova@inbox.ru

Солопова Алла Николаевна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры вычислительной техники и информационных технологий, Кемеровский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», 650992, Россия, г. Кемерово, пр. Кузнецкий, 39, тел.: +7 (3842) 75-75-00, e-mail: allaslp@mail.ru

Позняковский Валерий Михайлович

заслуженный деятель науки Российской Федерации, д-р биол. наук, профессор, директор НИИ, руководитель отдела гигиены питания и экспертизы товаров НИИ переработки и сертификации пищевой продукции ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: tovar-kemtipp@mail.ru

Tatiana V. Kotova

Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Research and Expertise of Goods, Plekhanov Russian University of Economics, Kemerovo institute (branch), 39, Avenue Kuznetsk, Kemerovo, 650092, Russia, phone: +7 (3842) 75-27-76, e-mail: t_kotova@inbox.ru

Alla N. Solopova

Cand. Tech. Sci., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Computer Engineering and Information Technology, Plekhanov Russian University of Economics, Kemerovo institute (branch), 39, Avenue Kuznetsk, Kemerovo, 650092, Russia, phone: +7 (3842) 75-75-00, e-mail: allaslp@mail.ru

Valeriy M. Poznyakovskiy

Honored Worker of Science of the Russian Federation, Dr.Sci.(Biol.), Professor, Director of Research Institute, Head of Food Hygiene Research Institute of expertise and products processing and certification of food products, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: tovar-kemtipp@mail.ru



УДК 579.8

**НЕРЕШЁННЫЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ОБЩЕЙ МИКРОБИОЛОГИИ**

В.А. Марьин¹, Д.В. Харитонов^{1,*}, И.В. Харитонова²

¹ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Россельхозакадемии, 115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская, 35

²ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: vnimi5@rambler.ru

Дата поступления в редакцию: 31.03.2015

Дата принятия в печать: 06.04.2015

В основе общей микробиологии, по мнению авторов, лежат три фундаментальных Закона Природы: 1. Закон экспоненциального роста микроорганизмов. 2. Закон прямой пропорциональности, который сейчас большинству микробиологов неизвестен. 3. Закон экспоненциального уменьшения со временем концентрации выживших пассивных (покоящихся) микроорганизмов в биологических пробах (например, в замороженных сухих бактериальных концентратах) при хранении их в неизменных условиях, исключающих рост клеток. Только Первый из перечисленных трёх Законов признан всеми микробиологами. Остальные два Закона сейчас официально не признаны. В работе обоснована необходимость признания микробиологами всех трёх Законов Природы, которые все вместе являются фундаментальной основой общей микробиологии. Живые клетки растущей культуры микроорганизмов состоят из активных (растущих) и пассивных (покоящихся) клеток: $(X_{\text{общ}})_0 = [(X_{\text{акт}})_0 + (X_{\text{пас}})_0]$. В экспоненциально растущей культуре растут только активные клетки. Пассивные клетки не растут, поэтому известное уравнение экспоненциального роста всех живых клеток культуры $(X_{\text{общ}})_t = (X_{\text{общ}})_0 \cdot e^{\mu t}$ не соблюдается: $(X_{\text{общ}})_t = (X_{\text{акт}})_0 \cdot e^{\mu t} + (X_{\text{пас}})_0 \neq [(X_{\text{акт}})_0 + (X_{\text{пас}})_0] \cdot e^{\mu t}$. Выведено новое уравнение экспоненциального роста всех живых клеток культуры, учитывающее непрерывную пассивацию активных клеток: $(X_{\text{общ}})_t = (X_{\text{общ}})_0 \cdot e^{\mu t}$, где $\mu = \text{const}$, α – доля

временем, поэтому естественный рост культуры не является и не может быть строго экспоненциальным. Необходимость внесения предложенных уточнений и изменений в Закон экспоненциального роста микроорганизмов обусловлена неизвестным ранее явлением пассивации (образования покоящихся форм) активных клеток экспоненциально растущей культуры микроорганизмов на всём протяжении её роста. Кратко рассмотрен Закон прямой пропорциональности – основной закон жизнедеятельности микроорганизмов. Согласно Закону прямой пропорциональности прирост концентрации микроорганизмов в культуральной среде прямо пропорционален одновременному приросту в ней концентрации метаболита ΔM_i и одновременной убыли в ней концентрации субстрата $(-\Delta S_i)$, а также одновременному приросту титруемой кислотности культуральной среды ΔA_i (при культивировании лактобактерий): $\Delta X_i[\text{КОЕ/мл}] = K_C \cdot (-\Delta S_i)[\text{г/л}] = K_M \cdot \Delta M_i[\text{г/л}] = K_A \cdot \Delta A_i[^\circ\text{T}]$. (Сформулирован В.А. Марьиным в 2002 г. Экспериментально обоснован в 2003 г.). Заново сформулирован и детально обоснован непризнанный в настоящее время микробиологами Третий фундаментальный Закон общей микробиологии, упомянутый выше: $(X_{\text{нас}})_t = (X_{\text{нас}})_0 \cdot e^{-\lambda t}$. Обращено внимание микробиологов на открытие во ВНИМИ новой фазы роста микроорганизмов – фазы линейного роста (В.А. Марьин, 2002 г.).

Общая микробиология, три фундаментальных Закона, новая фаза линейного роста.

Введение

Многовековое здание механики основано на трёх фундаментальных Законах Исаака Ньютона, которые известны каждому школьнику. *Достраиваемое* сейчас здание общей микробиологии также основано, по нашему мнению, на трёх фундаментальных Законах Природы, которые указаны ниже.

1. Закон экспоненциального роста микроорганизмов: $(X_{\text{общ}})_t = (X_{\text{общ}})_0 \cdot e^{ut}$. (Открыт А. Phelps в 1936 г.) Фундаментальный Закон экспоненциального роста микроорганизмов признан микробиологами со дня открытия, а два других официально не признанных фундаментальных Закона Природы, перечисленные ниже, в настоящее время Законами Природы не считаются.

2. Закон прямой пропорциональности: $\Delta X_i[\text{КОЕ/мл}] = K_C \cdot (-\Delta S_i)[\text{г/л}] = K_M \cdot \Delta M_i[\text{г/л}] = K_A \cdot \Delta A_i[^\circ\text{T}]$. (Сформулирован В.А. Марьиным в 2002 г. Теоретически и экспериментально обоснован им в 2003 г. Публикации Автора прошли незамеченными, поэтому большинству микробиологов этот Закон сейчас практически неизвестен.) Закон прямой пропорциональности – это основной закон жизнедеятельности микроорганизмов, согласно которому прирост концентрации растущих клеток в культуральной среде (ΔX_i) прямо пропорционален одновременному приросту в той же среде концентрации продуцируемого растущими клетками метаболита (ΔM_i), а также одновременной убыли концентрации потреблённых микроорганизмами компонентов субстрата $(-\Delta S_i)$ и одновременному приросту титруемой кислотности (ΔA_i) культуральной среды.

Чтобы облегчить микробиологам изучение, оценку и критический анализ различных аспектов Второго фундаментального Закона общей микробиологии – Закона прямой пропорциональности, мы опубликовали в сборнике научных трудов ВНИМИ (2012 г.) подробное теоретическое и экспериментальное обоснование нового Закона [1]. Рекомендуем ознакомиться с ним всем биологам и микробиологам.

3. Закон экспоненциального снижения со временем концентрации выживших пассивных клеток микроорганизмов ($X_{\text{нас}}$) в биологической пробе (бактериальном концентрате) при хранении её в неизменных условиях, исключаящих рост клеток: $(X_{\text{нас}})_t = (X_{\text{нас}})_0 \cdot e^{-\lambda t}$. Официально не признан биологами и окончательно не сформули-

рован. Многие микробиологи считают его не Законом Природы, а частной закономерностью процесса отмирания клеток микроорганизмов по экспоненциальному закону. Они ошибочно отождествляют два разных проявления единого процесса выживания и отмирания пассивных клеток.

Перед детальным рассмотрением ниже «непризнанного» Третьего фундаментального Закона общей микробиологии необходимо сразу же отметить различие между понятиями выживания и отмирания клеток, чтобы устранить путаницу, которую допускают даже опытные и авторитетные исследователи:

«Если относительное число выживших клеток откладывать в логарифмическом масштабе, а время в линейном, то часто получается прямая линия (рис. 38, I); это означает, что процесс гибели микроорганизмов идёт по экспоненциальному закону. Кривые выживания столь часто имеют экспоненциальный характер, что некоторые авторы пришли к мысли о существовании некоего общего процесса, лежащего в основе всех стерилизующих средств [528]. Однако нет сомнения, что процесс гибели далеко не всегда подчиняется экспоненциальной зависимости [286]». (Ссылки внутри цитаты оставлены нами без изменений) [2].

Исследователи верно отметили, что «кривые выживания (клеток) имеют экспоненциальный характер», и отсюда сделали ошибочный вывод, что «процесс гибели микроорганизмов идёт по экспоненциальному закону». Однако в действительности процесс гибели микроорганизмов не идёт по экспоненциальному закону.

Выживание клеток и гибель (отмирание) клеток – это два разных проявления единого процесса выживания и отмирания клеток. Образно говоря, это разные стороны одной монеты. Бегло отметим, что концентрация в биологической пробе выживших при хранении клеток экспоненциально снижается со временем, а концентрация погибших (мёртвых) клеток одновременно возрастает, причём не по экспоненциальному закону. Пассивные клетки «по экспоненциальному закону» выживают (а не отмирают)!

В конце XX века из-за отмеченной путаницы между понятиями отмирания и выживания клеток Третий фундаментальный Закон общей микробиологии после многолетнего обсуждения так и не был признан биологами. Тем не менее, и сейчас микро-

биологи успешно используют в своих исследованиях «частные закономерности» официально не существующего Третьего Закона микробиологии. Это означает, что непризнанный Третий Закон по-прежнему жив и, по мнению авторов, безусловно, будет жить!

Таким образом, только один из трёх фундаментальных Законов Природы, которые все вместе, по нашему мнению, являются фундаментальной основой общей микробиологии, официально признан микробиологами и введён в научный оборот. Вот уже почти 80 лет здание общей микробиологии стоит, образно говоря, на одной ноге. Давно пора микробиологам поставить общую микробиологию на более основательный, устойчивый и надёжный фундамент!

Цель данной работы – привлечь внимание микробиологов во всём мире к нерешённым фундаментальным проблемам общей микробиологии, о которых многие даже не подозревают. За последние 15 лет в результате исследований, проведенных нами во ВНИМИ, предложены новые решения основных нерешённых фундаментальных проблем общей микробиологии. Однако найденные решения, опубликованные в трудах ВНИМИ и других изданиях, до сих пор остаются неизвестными и непризнанными. Поэтому отмеченные выше проблемы по-прежнему остаются нерешёнными для подавляющего большинства микробиологов.

В первую очередь сообществу микробиологов необходимо вернуться к детальному рассмотрению всех трёх перечисленных выше Законов Природы, включая и Закон экспоненциального роста. В данной работе нами впервые рассмотрена необходимость уточнения общепризнанной формулировки Закона экспоненциального роста микроорганизмов и сформулировано изменённое уравнение Закона, учитывающее непрерывную пассивацию (образование покоящихся форм) экспоненциально растущих клеток культуры.

Микробиологам необходимо впервые рассмотреть и изучить открытый в XXI веке фундаментальный Закон прямой пропорциональности (Второй фундаментальный Закон микробиологии), который является основным законом роста и жизнедеятельности микроорганизмов (В.А. Марьин, 2002 г.) [3, 4].

Микробиологам следует также в очередной раз вернуться к детальному рассмотрению непризнанного Третьего фундаментального Закона общей микробиологии, который в конце прошлого века неоднократно анализировали и обсуждали, но так и не решились его официально признать. По нашему мнению, необходимо заново изучить результаты экспериментальных и теоретических исследований, включая те, которые проанализированы в нашей работе, и после затянувшегося полувекового раздумья принять обоснованное верное решение, т.е. официально признать Третий закон фундаментального Законом Природы.

Наконец, сообществу микробиологов необходимо впервые рассмотреть и официально признать открытие новой фазы роста микроорганизмов –

фазы линейного роста (В.А. Марьин, 2002 г.) [5, 6]. Следует также внести во все новые учебники по общей микробиологии предложенные и обоснованные ранее две дополнительные принципиально новые схемы последовательности фаз роста периодической культуры микроорганизмов. Каждая из этих двух новых схем включает новую фазу линейного роста культуры [7, 8]. Тем самым будет устранена систематическая ошибка всех современных учебников и ранее опубликованных монографий по общей микробиологии, в которых единственным режимом роста периодической культуры микроорганизмов «по старинке» ошибочно принято считать режим экспоненциального роста культуры.

Объект и методы исследования

В данной статье проанализированы и подытожены результаты теоретических и экспериментальных исследований во ВНИМИ фундаментальных проблем Общей микробиологии за последние 15 лет.

Кроме того, детально рассмотрены опубликованные результаты исследований российских и зарубежных учёных, связанных с изучением проблемы выживания клеток микроорганизмов в различных биологических пробах, например, в сухих, замороженных или жидких охлаждённых бактериальных концентратах в процессе их хранения. Предложено дополнительное обоснование фундаментальности официально пока не признанного Третьего фундаментального Закона общей микробиологии – Закона экспоненциального снижения со временем концентрации выживших пассивных (покоящихся) клеток в биологической пробе при хранении её в неизменных условиях, исключающих рост клеток. Проанализированы конкретные примеры использования Третьего закона в практике микробиологических исследований.

Результаты и их обсуждение

Комплексный единый процесс роста, жизнедеятельности и отмирания микроорганизмов (клеток) в культуральной среде представляет собой совокупность четырёх различных взаимосвязанных процессов.

1. Процесс роста (размножения) клеток растущей культуры микроорганизмов.
2. Процесс потребления субстрата растущими микроорганизмами.
3. Процесс продуцирования метаболита растущими микроорганизмами.
4. Процесс отмирания пассивных клеток растущей культуры микроорганизмов со временем.

Скорость каждого из четырёх указанных выше процессов обусловлена фундаментальным постулатом природы: **скорость микробиологического процесса, связанного с ростом, жизнедеятельностью и выживанием микроорганизмов в изучаемой биологической пробе (бактериальном концентрате), при неизменности основных физико-химических параметров биологической пробы прямо пропорциональна изменяющейся общей концентрации микроорганизмов ($X_{\text{общ}}$) в биологической пробе** [3].

Этот фундаментальный постулат, по нашему мнению, лежит в основе системы четырёх концептуальных (основополагающих) уравнений: (1), (2), (3), (4), из которых, как показано ниже, вытекают все фундаментальные законы и закономерности роста, жизнедеятельности и отмирания микроорганизмов [3].

Каждое из приведенных ниже четырёх концептуальных уравнений давно известно микробиологам, которые не считали необходимым как-то выделить их из множества известных теоретических уравнений, не считали их **концептуальными** (основополагающими) и, как правило, рассматривали их отдельно, а не как единую основополагающую систему. Например, в фундаментальной монографии С.Дж. Перта [9] четыре (концептуальных) уравнения приведены и рассмотрены им раздельно, в различных главах. Система обозначений, использованная С.Дж. Пертом, не совпадает с общепринятой, поэтому концептуальные уравнения приведены также и в его редакции. Ниже указаны номер главы и раздела в монографии С.Дж. Перта (в русском переводе), а также принятая С.Дж. Пертом нумерация уравнения и страница, на которой оно приведено:

$$\begin{aligned} dX_{\text{общ}}/dt &= \mu X_{\text{общ}} \\ dX/dt &= \mu \cdot X \quad (\text{п. 4.1, с. 37}), \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} -dS/dt &= q X_{\text{общ}} \\ dS/dt &= q \cdot X \quad (\text{п. 2.16, с. 18}), \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} dM/dt &= \gamma X_{\text{общ}} \\ dP/dt &= q_p \cdot X \quad (\text{п. 16.1, с. 191}), \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} -dX_{\text{пас}}/dt &= \lambda X_{\text{пас}} \\ dy_v/dt &= -k \cdot y_v \quad (\text{п. 7.1, с. 75}). \end{aligned} \quad (4)$$

где: $dX_{\text{общ}}/dt$ – скорость увеличения общей концентрации клеток растущей культуры микроорганизмов в культуральной среде; $(-dS/dt)$ – скорость одновременного уменьшения концентрации компонентов субстрата в той же среде, потребляемых растущими клетками; dM/dt – скорость одновременного увеличения концентрации метаболита в той же среде, продуцируемого растущими клетками; $(-dX_{\text{пас}}/dt)$ – скорость уменьшения концентрации ($X_{\text{пас}}$) пассивных клеток в биологической пробе; μ – удельная скорость роста клеток, ч^{-1} ; q – удельная скорость потребления субстрата растущими клетками, ч^{-1} ; γ – удельная скорость продуцирования метаболита растущими клетками, ч^{-1} ; λ – удельная скорость отмирания пассивных клеток, ч^{-1} ; $(X_{\text{акт}})_t$ – концентрация *активных* (растущих) клеток в культуральной среде через t часов культивирования; $(X_{\text{пас}})_t$ – концентрация *пассивных* (покоящихся) клеток в биологической пробе через t часов хранения пробы.

Покажем, как из первого концептуального уравнения (1) вытекает уравнение Закона экспоненциального роста микроорганизмов (6). Одновременно проанализируем обоснованность предложенных в нашей статье изменений в формулировке и трактовке общепризнанного уравнения (6) фундамен-

тального Первого закона общей микробиологии, которое оставалось неизменным с момента его открытия А. Фелпсом.

$$dX_{\text{общ}}/dt = \mu X_{\text{общ}}, \quad (1)$$

$$dX_{\text{общ}}/X_{\text{общ}} = \mu dt, \quad (5)$$

$$(X_{\text{общ}})_t = (X_{\text{общ}})_0 \cdot e^{\mu t} - \text{известное уравнение Закона экспоненциального роста.} \quad (6)$$

В 1936 г. микробиологи считали, что **все** живые клетки экспоненциально растущей культуры являются активными (растущими) клетками на всём протяжении фазы экспоненциального роста культуры. Отметим, что только при этом условии приведенный выше теоретический вывод уравнения (6) и само уравнение (6) можно считать абсолютно верными. (Как показано нами ниже, это обязательное условие абсолютно невыполнимо).

При объединении первого и второго концептуальных уравнений и последующем их интегрировании получим фундаментальную классическую формулу Ролэна, открытую в 1869 г.:

$$dX_{\text{общ}}/\mu = X_{\text{общ}} dt = -dS/q,$$

отсюда:

$$\begin{aligned} \Delta X_{\text{общ}}/\mu &= -\Delta S/q \\ \Delta X_{\text{общ}} &= -\Delta S \cdot (\mu/q) = Y \cdot (-\Delta S), \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{где } Y = (\mu/q) - \text{формула Ролэна.} \quad (8)$$

Интегрируя систему первых трёх концептуальных уравнений получим *исходное уравнение* нового фундаментального Закона прямой пропорциональности [1]:

$$(\Delta X_{\text{общ}})_t = Y \cdot (-\Delta S_t) = Z \cdot \Delta M_t$$

В 1975 г. С.Дж. Перт в своей фундаментальной монографии, посвящённой основам культивирования микроорганизмов и клеток, впервые кратко сообщил, что активные микроорганизмы культуральной среды могут терять способность к росту и становиться пассивными (покоящимися) живыми клетками. Пассивные клетки не растут, т.е. не размножаются, но в отличие от мёртвых клеток могут превращаться в нормальные растущие клетки [9]. К сожалению, эти сведения в монографии С.Дж. Перта так и не были им использованы для создания новой теории пассивации и активации живых клеток в процессе роста культуры микроорганизмов.

Исследования, проведенные нами через 25 лет в ВНИМИ, показали, что любая растущая культура микроорганизмов одновременно содержит активные (растущие) и пассивные (покоящиеся) клетки. Поэтому общая концентрация живых клеток в культуральной среде в самом начале экспоненциального роста культуры, $(X_{\text{общ}})_0$ равна сумме концентраций активных $(X_{\text{акт}})_0$ и пассивных $(X_{\text{пас}})_0$ клеток в культуральной среде:

$$(X_{\text{общ}})_0 = (X_{\text{акт}})_0 + (X_{\text{пас}})_0 \quad (9)$$

В экспоненциально растущей культуре экспоненциально возрастает концентрация только активных (растущих) клеток, пассивные клетки не растут. Следовательно, режим роста всех живых клеток культуры, включая пассивные клетки, не является строго экспоненциальным вопреки известному уравнению (6):

$$(X_{\text{общ}})_t = (X_{\text{акт}})_0 \cdot e^{\mu t} + (X_{\text{пас}})_0 \neq [(X_{\text{акт}})_0 + (X_{\text{пас}})_0] \cdot e^{\mu t} \quad (10)$$

Так как пассивные клетки растущей культуры микроорганизмов **не растут**, то $dX_{\text{пас}}/dt = 0$. Поэтому скорость роста культуры в целом $dX_{\text{общ}}/dt$ равна скорости роста только активных клеток культуры ($dX_{\text{акт}}/dt$):

$$dX_{\text{общ}}/dt = dX_{\text{акт}}/dt + dX_{\text{пас}}/dt = dX_{\text{акт}}/dt + 0 = dX_{\text{акт}}/dt \quad (11)$$

$$dX_{\text{общ}}/dt = dX_{\text{акт}}/dt = \mu \cdot X_{\text{акт}} - \text{уточнённое первое концептуальное уравнение} \quad (1a)$$

Следует отметить, что уравнение (1) было сформулировано великим микробиологом Жаком Моно в середине прошлого века, когда о пассивных клетках микробиологи ещё ничего не знали. Поэтому и концептуальное уравнение (1) (выбранное автором в 2003 г. из творческого наследия Ж. Моно [3]) тоже не учитывало неизвестное тогда явление непрерывной пассивации активных клеток культуральной среды при экспоненциальном росте культуры, открытое нами только 11 лет спустя в 2014 г. [11].

Для практического использования уравнения (1a) его необходимо дополнительно преобразовать, так как величину параметра $X_{\text{акт}}$ трудно определить общепринятыми методами.

При этом микробиологи могут достаточно точно и оперативно определить общую концентрацию живых клеток ($X_{\text{общ}}$) в культуральной среде, поэтому преобразуем уравнение (1) в уравнения (12) и (13):

$$dX_{\text{общ}}/dt = \mu X_{\text{акт}} = \mu (X_{\text{акт}}/X_{\text{общ}}) \cdot X_{\text{общ}} = \alpha \mu \cdot X_{\text{общ}} = \mu_{\text{эфф}} \cdot X_{\text{общ}} \quad (12)$$

$$dX_{\text{общ}}/dt = \alpha \mu \cdot X_{\text{общ}} = \mu_{\text{эфф}} \cdot X_{\text{общ}} - \text{обновлённое первое концептуальное уравнение} \quad (13)$$

где $\alpha = (X_{\text{акт}}/X_{\text{общ}}) = \mu_{\text{эфф}}/\mu < 1,0$, так как

$$X_{\text{акт}} < X_{\text{общ}} \quad (14)$$

Обновлённое автором первое концептуальное уравнение (13) в отличие от всех теоретических уравнений, опубликованных микробиологами ранее в статьях и монографиях в России и за рубежом (до декабря 2014 г.), **впервые в мире в явном виде** учитывает влияние непрерывной пассивации части растущих клеток культуральной среды на скорость роста культуры микроорганизмов.

В 2014 г. нами также **впервые** установлено, что относительная доля активных клеток α в культуральной среде экспоненциально растущей культуры микроорганизмов максимальна в самом начале фазы экспоненциального роста культуры и постепенно уменьшается (до нуля) в конце фазы экспоненциального роста. [11]. В середине прошлого века микробиологи-исследователи неоднократно отмечали постепенное уменьшение величины μ на всём протяжении фазы экспоненциального роста. Однако в действительности уменьшалась величина $\mu_{\text{эфф}} = \alpha \mu$ из-за постепенного уменьшения относительной доли активных клеток α в культуральной среде. Удельная скорость роста клеток μ при этом оставалась неизменной: $\mu = \text{const}$.

Во время начальной стадии экспоненциального роста скорость уменьшения величины α сравнительно невелика и её (в начале экспоненциального роста) можно условно считать относительно неизменной [12]. При этом условии разделим переменные и проинтегрируем уравнение (13):

$$dX_{\text{общ}}/X_{\text{общ}} = \alpha \mu \cdot dt - \text{обновлённое уравнение (5)} \quad (15)$$

$$(X_{\text{общ}})_t = (X_{\text{общ}})_0 \cdot e^{\alpha \mu \cdot t} - \text{обновлённое уравнение Закона экспоненциального роста (16)}$$

где $\alpha \cdot \mu = \mu_{\text{эфф}} = \text{const}$ (условно, в самом начале фазы экспоненциального роста).

Таким образом, реальная закономерность изменения параметра $(X_{\text{общ}})_t$ в уравнении (15) очень близка к экспоненциальной только в самом начале фазы экспоненциального роста культуры. С увеличением продолжительности экспоненциального роста скорость уменьшения величины α ($\mu = \mu_{\text{эфф}}$) заметно возрастает и поэтому реальный режим роста культуры будет всё больше отличаться от строго экспоненциального [11].

Сопоставим уравнение (15) с уравнением (5). Эти оба уравнения полностью совпадут, т.е. станут тождественными, только при обязательном условии, что величина $\alpha = 1,0$. Однако это условие невыполнимо из-за открытого нами в 2014 г. явления непрерывной пассивации активных клеток на всём протяжении фазы экспоненциального роста микроорганизмов. При $\alpha = 1,0$ пассивация активных клеток растущей культуры отсутствует, что невозможно, так как противоречит однозначно установленным результатам экспериментов [11].

Вернёмся к уравнению (16). В конце фазы экспоненциального роста величина $\mu_{\text{эфф}}$ быстро снижается (до нуля), согласно выведенной нами ранее новой формуле Жака Моно (J. Monod) [11]:

$$\mu_{\text{эфф}} (= \alpha \cdot \mu) = \mu \cdot S / (K_S + S) = \mu / (K_S/S + 1) - \text{новая формула Жака Моно} \quad (17)$$

где $\mu = \mu_{\text{max}} = \text{const}$.

В заключительной стадии фазы экспоненциального роста культуры коэффициент $e^{\alpha \mu \cdot t}$ (в обновлённом уравнении Закона экспоненциального роста микроорганизмов) быстро уменьшается (до 1,0),

а $\mu_{эфф} \rightarrow 0$. Скорость роста культуры перестаёт возрастать, и режим роста культуры перестаёт быть экспоненциальным.

Тем не менее, несмотря на все отмеченные нами случаи отклонения режима экспоненциального роста микроорганизмов от идеального, строго экспоненциального режима, Закон экспоненциального роста был и остаётся фундаментальным Законом Природы. Наблюдаемые в микробиологических исследованиях отклонения от этого закона побуждают нас не отвергать его по формальным причинам, не делать необдуманный вывод, что этот Закон «не так идеален, как мы ошибочно считали, и его следует отменить», а наоборот, ещё глубже вникать в суть этого фундаментального Закона Природы и уточнять границы его применимости.

Точно так же следует поступать и при рассмотрении ещё не признанного Третьего фундаментального Закона общей микробиологии, который упрощённо можно было бы назвать Законом экспоненциального снижения выживаемости пассивных микроорганизмов в биологической пробе со временем при хранении.

В основе процесса отмирания и выживания микробных клеток пассивной культуры микроорганизмов лежит четвертое концептуальное уравнение (4) и вытекающие из него уравнения (19) и (20). Эти уравнения регламентируют экспоненциальное снижение (уменьшение) концентрации $(X_{пас})_t$ выживших клеток данного вида микроорганизмов в биологической пробе после t часов хранения и однотипное экспоненциальное снижение выживаемости V_t пассивных (покоящихся) клеток в биологической пробе после t часов хранения. (Это же концептуальное уравнение (4) лежит и в основе более сложного процесса отмирания клеток в растущей культуре микроорганизмов, который мы рассмотрим в отдельной публикации.)

$$-dX_{пас}/dt = \lambda \cdot X_{пас} \text{ — четвертое концептуальное уравнение отмирания пассивных микроорганизмов} \quad (4),$$

где $X_{пас}$ — концентрация пассивных клеток данного вида микроорганизмов в жидкой охлаждённой, сухой или замороженной пробе, т.е. в условиях, исключающих рост клеток, λ — удельная скорость отмирания пассивных клеток, $[ч^{-1}]$, t — продолжительность процесса выживания пассивных клеток в режиме хранения.

Знак «минус» (–) в левой части концептуального уравнения (4) обусловлен тем, что параметры $X_{пас}$ и t изменяются в противоположных направлениях: при увеличении t параметр $X_{пас}$ уменьшается, $(-dX_{пас}/dt) > 0$. При неизменности температуры и других основных физико-химических параметров пробы величина λ остаётся неизменной биологической константой, характеризующей процесс выживания клеток в неизменных (заданных) условиях хранения. Чем больше величина λ , тем больше скорость отмирания клеток и тем меньше выживаемость клеток при хранении в условиях, исключающих рост клеток.

Известно, что скорость распада ядер атомов радиоактивного изотопа ($-dN/dt > 0$) также описывается уравнением (4), хотя процессы радиоактивного распада и выживания пассивных клеток в принципе различны. Следовательно, подчинение двух разных природных процессов одной и той же фундаментальной закономерности не означает, что эти процессы должны быть однотипны. Отметим, что скорость радиоактивного распада ($-dN/dt = \lambda \cdot N$) и константа скорости радиоактивного распада λ не зависят от температуры изотопа, тогда как биологическая константа удельной скорости отмирания пассивных клеток λ остаётся неизменной только при неизменной температуре биологической пробы.

Возвращаясь к концептуальному уравнению (4), после разделения переменных и интегрирования получим уравнение (19) Закона экспоненциального снижения со временем концентрации выживших пассивных клеток в биологической пробе (бактериальном концентрате) при неизменных условиях хранения.

$$\ln [(X_{пас})_t / (X_{пас})_0] = -\lambda \cdot t \quad (18)$$

$$(X_{пас})_t = (X_{пас})_0 \cdot e^{-\lambda t} \text{ — концентрация выживших пассивных клеток в пробе после } t \text{ ч хранения,} \quad (19)$$

$$V_t = (X_{пас})_t / (X_{пас})_0 = e^{-\lambda t} \text{ — выживаемость пассивных клеток после } t \text{ ч хранения,} \quad (20)$$

$$\ln V_t = \ln [(X_{пас})_t / (X_{пас})_0] = -\lambda \cdot t, \quad (21)$$

$$(X_{пас})_0 - (X_{пас})_t = -\Delta(X_{пас})_0 = (X_{пас})_0 \cdot (1 - e^{-\lambda t}) \text{ — прирост концентрации мёртвых клеток за } t \text{ час.} \quad (22)$$

где $-d(X_{пас})_0/dt$ — скорость уменьшения концентрации данного вида пассивных микроорганизмов выживших в биологической пробе при хранении её в неизменных условиях, при которых не происходит роста клеток; $(X_{пас})_0$ и $(X_{пас})_t$ — концентрации живых клеток в пробе в момент начала хранения, ($t = 0$), и, соответственно, через t часов хранения; λ — удельная скорость отмирания клеток данного вида микроорганизмов в пробе при неизменных (заданных) условиях её хранения, $[ч^{-1}]$; V_t — выживаемость данного вида микроорганизмов в пробе через t часов хранения, безразмерная величина ($0 < V_t < 1$).

Удельная скорость отмирания пассивных клеток (λ) аналогична удельной скорости роста активных клеток культуры (μ) и имеет ту же размерность $[ч^{-1}]$. Бегло отметим, что параметры λ и $T_{0,5}$ взаимосвязаны уравнением (23), аналогично тому, как связаны друг с другом параметры μ и G (см. уравнение 24):

$$\lambda \cdot T_{0,5} = \ln 2 = 0,693 \text{ — для выживающих пассивных клеток (см. уравнение (12))} \quad (23)$$

$$\mu \cdot G = \ln 2 = 0,693 \text{ — для экспоненциально растущих активных клеток} \quad (24)$$

Согласно уравнениям (19) и (20) концентрация $(X_{пас})_t$ выживших пассивных клеток в биологиче-

ской пробе и их выживаемость B_t экспоненциально уменьшаются со временем. В уравнениях (19) и (20) множитель $e^{-\lambda t}$ не имеет размерности, так как размерность параметров $(X_{\text{пас}})_o$ и $(X_{\text{пас}})_t$ одинакова. Поэтому показатель степени $(-\lambda \cdot t)$ также является безразмерной величиной. Если параметр t имеет размерность [ч], то величина удельной скорости отмирания клеток λ должна иметь размерность [час.⁻¹], т.е. ту же размерность, что и три биологические константы трёх первых концептуальных уравнений: μ , q и γ .

Исследователь должен чётко сознавать, что если в процессе хранения часть клеток перестанет быть пассивной (т.е. начнёт размножаться), то об экспоненциальном снижении концентрации выживших пассивных микроорганизмов не может быть и речи. (Концентрация живых клеток может не снижаться, а возрастать).

Аналогичным образом, если температуру хранения не будут поддерживать неизменной, а на каком-то отдельном этапе она будет (предположим) возрастать, то это приведёт к возрастанию величины удельной скорости отмирания клеток λ и на этом отдельном этапе изменится скорость процесса выживания клеток.

В результате первоначальная экспоненциальная зависимость $(X_{\text{пас}})_t$ от t изменится на отмеченном этапе процесса хранения и будет искажена общая экспоненциальная зависимость $(X_{\text{пас}})_t$ от t за весь период хранения.

В наши дни непризнанный Закон экспоненциального снижения со временем концентрации выживших пассивных клеток в биологических пробах известен в виде частной закономерности экспоненциального снижения численности микроорганизмов при пастеризации и термической стерилизации. Область применения Третьего закона в целом выходит далеко за рамки режимов пастеризации и стерилизации. Однако за пределами этих рамок он, как правило, не применяется. Например, практически неизвестно, что выживание микроорганизмов в охлаждённых или замороженных средах, кисломолочных продуктах, лекарственных препаратах, бактериальных концентратах и т.д., в том числе полученных путём криогенного замораживания и лиофильной сушки, подчиняется этому Закону.

Всё сказанное выше позволяет сделать вывод, что существует **единая** фундаментальная закономерность экспоненциального снижения со временем выживаемости различных видов микроорга-

низмов в изучаемых пробах в разных средах при разных температурах хранения и разных видах бактерицидного воздействия окружающей среды, которую следует рассматривать не как частную закономерность процесса термической стерилизации, а как фундаментальный Закон Природы.

При хранении охлаждённых жидких кисломолочных продуктов, а также сухих или замороженных биологических проб (все живые клетки пассивны, не растут) практически значимым критерием, кроме периода полувывживания $T_{0,5}$, является также период десятикратного уменьшения концентрации выживших пассивных клеток $T_{0,1}$ в продукте (пробе) во время хранения. Применение критерия $T_{0,1}$ позволяет использовать в расчётах десятичные логарифмы, вместо натуральных и тем самым облегчает расчёты.

Рассчитаем соотношения: $T_{0,5} / T_{0,1}$, а также $t / T_{0,1}$:

$$(\lambda \cdot T_{0,5}) / (\lambda \cdot T_{0,1}) = \ln 2 / \ln 10 = \lg 2 / \lg 10 = \lg 2 = 0,3 = T_{0,5} / T_{0,1};$$

$$T_{0,5} = 0,3 T_{0,1} \quad (25)$$

$$-\lambda \cdot t = \ln [(X_{\text{пас}})_t / (X_{\text{пас}})_o] = \ln B_t, \quad (21)$$

$$\lambda \cdot T_{0,1} = \ln [(X_{\text{пас}})_o / (X_{\text{пас}})_t] = \ln 10. \quad (22)$$

Разделим уравнение (21) на уравнение (22):

$$(-\lambda \cdot t) / (\lambda \cdot T_{0,1}) = -t / T_{0,1} = \ln B_t / \ln 10 = \lg B_t / \lg 10 = \lg B_t = \lg [(X_{\text{пас}})_t / (X_{\text{пас}})_o] = -t / T_{0,1}, \quad (23)$$

$$T_{0,1} = t / \lg [(X_{\text{пас}})_o / (X_{\text{пас}})_t] = t / (-\lg B_t);$$

аналогично

$$-\lg B_t = \lg [(X_{\text{пас}})_o / (X_{\text{пас}})_t] = t / T_{0,1} \quad (24)$$

Если экспериментально изучена зависимость $(X_{\text{пас}})_t$ от t , то по уравнению (24) можно рассчитать $T_{0,1}$. Для примера рассчитаем продолжительность периода десятикратного снижения выживаемости пассивных клеток бифидобактерий ($T_{0,1}$) при хранении их в жидкой сывороточной среде при 4 °С по экспериментальным данным Г.И. Новик с сотр. [12], приведенным в табл. 1.

На рис. 1 графически представлены экспериментальные зависимости (23) и (24) по данным табл. 1.

Таблица 1

Выживаемость бифидобактерий в жидкой сывороточной среде при 4 °С

Штамм <i>B. bifidum</i> 791	Продолжительность хранения (t), суток при 4 °С				
	0	30	60	100	130
$(X_{\text{пас}})_t \cdot 10^{-8}$	200	81	7,5	3,0	0,5
<i>Расчетные данные</i>					
$(X_{\text{пас}})_o / (X_{\text{пас}})_t$	1	2,469	26,67	66,67	400
$\lg (X_{\text{пас}})_o / (X_{\text{пас}})_t$	0	0,3925	1,426	1,824	2,602
$\lg B_t$	0	-0,3925	-1,426	-1,824	-2,602

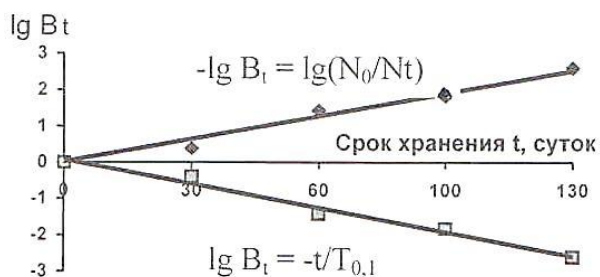


Рис. 1. Зависимость логарифма выживаемости ($\lg B_t$) бифидобактерий в жидкой сывороточной среде от продолжительности хранения (t) пассивной культуры при 4°C (нижняя прямая)

В рассматриваемом примере точка с координатами: $t = 130$ суток, $\lg B_t = -2,602$ (из табл. 1) лежит на усреднённой нижней прямой графика (рис. 1), поэтому эти значения можно использовать для расчёта.

$$T_{0,1} = -t / \lg B_t = t / (-\lg B_t) = 130 / 2,6 = 50 \text{ суток} = 1200 \text{ ч,}$$

$$T_{0,5} = 0,3 \cdot T_{0,1} = 15 \text{ суток} = 360 \text{ ч,}$$

$$\lambda = \ln 10 / T_{0,1} = 2,3 / 1200 = 1,9 \cdot 10^{-3} [\text{ч}^{-1}],$$

$$-\lg B_t = t / T_{0,1}.$$

Обе логарифмические зависимости, приведенные на рис. 1, прямолинейны, что свидетельствует об экспоненциальном характере снижения выживаемости B_t бифидобактерий при хранении их в жидкой сывороточной среде. Рост бифидобактерий в условиях хранения отсутствует, живые клетки пассивированы. Жидкая сывороточная среда при 4°C является для бифидобактерий не питательной, а инертной средой. В противном случае рост бифидобактерий привёл бы к нарушению прямолинейности зависимости на рис. 1.

На рис. 2 приведены бегло упомянутые (в начале статьи) Дж. Мейнеллом [2] кривые выживания клеток и кратко проанализирован процесс выживания пассивных клеток лиофильно высушенного во ВНИМИ бактериального концентрата *L. acidophilus* в режиме хранения его при неизменной температуре (-18°C) [13].

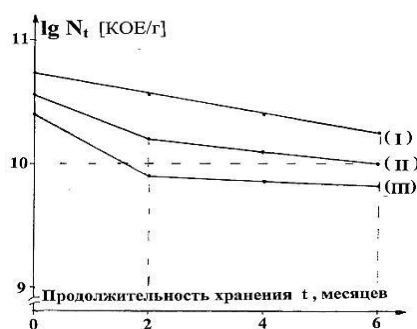


Рис. 2. Кривые выживания бактериальных клеток лиофильно высушенных проб бакконцентратов *L. acidophilus* при хранении их при -18°C

Верхняя кривая выживания пассивных клеток сухого бактериального концентрата *L. acidophilus* при хранении полностью соответствует теоретической закономерности (4). При этом продолжительность периода полувывживания ($T_{0,5}$) ацидофильных палочек в режиме хранения при -18°C , по результатам эксперимента составила 3,7 месяца (= 27 084 ч). Другими словами, через любые 3,7 месяца хранения (подряд) концентрация живых клеток в сухом бактериальном концентрате уменьшалась в 2 раза. Экспериментально определив продолжительность $T_{0,5}$, легко рассчитать по уравнению (19) удельную скорость отмирания λ пассивных клеток *L. acidophilus* в выбранных условиях хранения бактериального концентрата:

$$\lambda \cdot T_{0,5} = 0,693, \quad (23)$$

$$\lambda = 0,693 / T_{0,5} = 0,693 / 27084 \text{ ч} = 2,56 \cdot 10^{-5} [\text{ч}^{-1}] \quad (25)$$

Напомним, что удельная скорость отмирания клеток бифидобактерий в жидкой среде при 4°C , рассчитанная нами по результатам экспериментов Г.И. Новик с сотр., была в 74 раза выше. В жидкой среде, при более высокой температуре (4°C) клетки бифидобактерий отмирали во много раз быстрее, чем клетки ацидофильных палочек при -18°C в сухом замороженном бакконцентрате. Отчасти различие скоростей отмирания клеток могло быть обусловлено спецификой отличий изучаемых микроорганизмов. Однако основной причиной улучшения выживаемости клеток стало, безусловно, снижение температуры хранения и сопутствующее изменение агрегатного состояния бакконцентрата.

Как правило, стабильный режим выживания клеток лактобактерий по экспоненциальному закону при производстве и хранении лиофильно высушенного бактериального концентрата наступает не сразу, а через 1–2 месяца после начала хранения бакконцентрата. Это очевидно из двух нижних кривых выживания клеток (II и III) однотипных бакконцентратов *L. acidophilus*, выработанных с использованием других защитных сред. По нашему мнению, отмеченное явление обусловлено тем, что в первые месяцы хранения с более высокой скоростью отмирают клетки, получившие повреждения на стадии замораживания и высушивания влажного бактериального концентрата и тем самым снизившие свою жизнеспособность. Последующее выживание основного количества живых клеток, оставшихся неповрежденными (или с незначительными повреждениями), как правило, протекает по экспоненциальному закону.

Согласно нормативной документации концентрация живых клеток в сухом бактериальном концентрате ацидофильных палочек должна быть не менее $1 \cdot 10^{10}$ КОЕ/г. Поэтому срок хранения бактериального концентрата лактобактерий существенно возрастает при увеличении исходной концентрации в нем живых клеток. В связи с этим, наряду с запланированным совершенствованием защитных сред, во ВНИМИ будут продолжены исследования

по повышению урожайности питательных сред для культивирования лактобактерий и бифидобактерий при производстве сухих и жидких бактериальных концентратов.

По «экспоненциальному закону» происходит выживание пассивных клеток лактобактерий в сухих кисломолочных продуктах при хранении. По этому же закону протекает выживание спорных форм микроорганизмов при высоких температурах пастеризации и стерилизации. Кроме того, по Третьему закону протекает процесс выживания пассивных клеток под действием токсичных для клеток веществ, причём в условиях, когда термическая пастеризация и стерилизация отсутствуют. Во всех

приведенных примерах микроорганизмы практически полностью находятся в пассивной (покоящейся) форме. Детальное рассмотрение этих процессов выходит за рамки данной публикации, и они будут проанализированы в отдельной статье.

Сейчас микробиологи в своих исследованиях всё чаще успешно используют частные закономерности временно не признанного фундаментального Третьего закона общей микробиологии. Поэтому единичные (случайные или ошибочные) расхождения, причины которых нам ещё предстоит выяснить, не могут рассматриваться сообществом микробиологов как недопустимые отклонения, дезавуирующие Закон Природы.

Список литературы

1. Марьин, В.А. Некоторые фундаментальные особенности роста микроорганизмов / В.А. Марьин, Д.В. Харитонов // Научное обеспечение молочной промышленности: сборник научн. трудов ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии. – М.: Интеллект-Центр, 2012. – С.146–159.
2. Мейнелл, Дж. Экспериментальная микробиология. Теория и практика / Дж. Мейнелл, Э. Мейнелл; пер. с англ. – М.: МИР, 1967. – 347 с.
3. Марьин, В.А. Новый закон роста микроорганизмов / В.А. Марьин // сб. научных трудов, посв. 80-летию Н.Н. Липатова. ГНУ ВНИМИ. – М., 2003. – С. 142–146.
4. Марьин, В.А. Закон прямой пропорциональности сопряжённых изменений концентрации биомассы, субстрата и метаболита в процессе роста микроорганизмов / В.А. Марьин // Научное обеспечение молочной промышленности (ВНИМИ-75 лет): сб. научн. трудов. – М., 2004. – С. 211–216.
5. Марьин, В.А. Новая фаза роста микроорганизмов – фаза линейного роста / В.А. Марьин // Нано- и биотехнология производства продуктов функционального назначения: сб. докл. межд. науч.- практ. конф. Россельхозакадемии. Краснодарский НИИ хранения и переработки с.-х продукции. – 2007. – С. 176–177.
6. Марьин, В.А. Фаза линейного роста – основная фаза роста молочнокислых микроорганизмов / В.А. Марьин, Е.И. Райдна // Кисломолочные продукты – технологии и питание: сб. тез. Региональной конф. Международной молочной федерации, 17.05.2007. – М., 2007. – С. 319–320.
7. Марьин, В.А. Двадцатикратное увеличение урожайности жидкого и сухого концентрата бифидобактерий (до $5 \cdot 10^{11}$ КОЕ/г) обогащением питательной среды комплексом макро- и микроэлементов / В.А. Марьин // Принципы пищевой комбинаторики – основа моделирования поликомпонентных пищевых продуктов: сб. мат. всеросс. науч.-практ. конф. – Углич. ГНУ ВНИИМС Россельхозакадемии. 8–9. 09. 2010. – С. 162–165.
8. Марьин, В.А. Исследование схем последовательности фаз роста периодической культуры бифидобактерий или лактобактерий / В.А. Марьин, Д.В. Харитонов // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 4. – С. 24–28.
9. Перт, С.Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток / С.Дж. Перт. – М.: «Мир», 1978. – С. 16, 75.
10. Марьин, В.А. Линейный рост и пассивация активных клеток растущей культуры микроорганизмов / В.А. Марьин, Д.В. Харитонов // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 4. – С. 97–104.
11. Марьин, В.А. Строго экспоненциальный рост микроорганизмов теоретически невозможен, реально неосуществим / В.А.Марьин, Д.В. Харитонов // Труды Белорусского государственного университета. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – Минск, 2015. – Т.10. – Ч.2. – С. 87.
12. Сохранение жизнеспособности и физиологических свойств бифидобактерий при криоконсервации и лиофилизации / Г.И. Новик, Н.И. Астапович, Н.Г. Кадникова, Н.Е. Рябая // Микробиология. – 1998. – Т. 67. – № 5. – С. 637–642.
13. Раскошная, Т.А. Совершенствование биотехнологии бактериального концентрата ацидофильных молочнокислых палочек для производства кисломолочных продуктов: автореф. ... дис. канд. техн. наук / Т.А. Раскошная. – М.: ГНУ ВНИМИ, 2012. – 20 с.

THE UNSOLVED FUNDAMENTAL PROBLEMS OF GENERAL MICROBIOLOGY

V.A. Mary'in¹, D.V. Kharitonov^{1,*}, I.V. Kharitonova²

¹All-Russian Dairy Research Institute,
35, Lusinovskaya str., Moscow, 115093, Russia

²Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: vnimi5@rambler.ru

Received: 31.03.2015

Accepted: 06.04.2015

According to the authors three fundamental Laws of Nature : 1. The Law of exponential growth of microorganisms; 2. The Law of direct proportionality which is unknown now to the most of microbiologists; 3. The Law of exponential reduction in the course of time of survived passive (latent) microorganisms in biological samples (e.g. in dry bacterial concentrates) under their permanent storage conditions making cell growth impossible are the basis of general microbiology. All microbiologists recognize only the First law out of the three Laws listed. The remaining two Laws are not recognized officially so far. This work substantiates the necessity to recognize all three Laws of Nature as only the three make the fundamental base of general microbiology. Living cells of microorganism growing culture comprise active (growing) and passive (latent) cells: $(X_{gen.})_o = (X_{act.})_o + (X_{pas.})_o$. Only active cells are growing in the exponentially growing culture. Passive cells are not growing and therefore the known equation of exponential growth of all living cells of the culture $(X_{gen.})_t = (X_{gen.})_o \cdot (X_{pas.}) \cdot e^{\mu t}$ is not really observed: $(X_{gen.})_t = (X_{act.})_o \cdot e^{\mu t} + (X_{pas.})_o \cdot [(X_{act.})_o] \cdot e^{\mu t}$. A new equation of exponential growth of all living cells of the culture considering a continuous passivation of active cells has been derived: $(X_{gen.})_t = (X_{gen.})_o \cdot e^{\mu t}$, where $\mu = \text{const.}$, α_t means the part of active cells in the cultural media. In the exponentially growing culture the value α_t is gradually reducing with time and so the natural growth of the culture is not and can't be strictly exponential. The necessity to introduce the proposed clarifications and changes in the Law of exponential growth of microorganisms is stipulated by the earlier unknown phenomenon of passivation (formation of latent forms) of active cells of exponentially growing culture of microorganisms during the whole period of its growth. The Law of direct proportionality – the basic law of microorganisms' vital activity – has been considered in brief. According to the Law of direct proportionality the increase of microorganism concentration in the cultural medium is directly proportional to a simultaneous increase of metabolite ΔM_t concentration and a simultaneous decrease of substrate $(-\Delta S_t)$ concentration in it as well as a simultaneous increase of titratable acidity of the cultural medium ΔA_t (under lactic acid bacteria cultivation): $\Delta X_t[\text{CFU/ml}] = K_c \cdot (-\Delta S_t)[\text{g/l}] = K_M \cdot \Delta A_t[^\circ\text{T}]$. (Formulated by Maryin V.A. in 2002. Experimentally substantiated by him in 2003). Newly formulated and substantiated in detail has been unrecognized now by microbiologists the Third Fundamental Law of general microbiology mentioned above: $(X_{pas.})_t = (X_{pas.})_o \cdot e^{-\lambda t}$. Microbiologists' attention is attracted to the discovery of the new phase of microorganisms' growth – the phase of linear growth at All-Russian Dairy Research Institute, (Maryin V.A. 2002).

General microbiology, three functional Laws, new phase of linear growth.

References

1. Mar'in V.A., Kharitonov D.V. Nekotorye fundamental'nye osobennosti rosta mikroorganizmov [Some fundamental features of growth of microorganisms]. *Trudy GNU VNIMI Rossel'khozakademii "Nauchnoe obespechenie molochnoi promyshlennosti"* [Proc. GNU VNIMI Rossel'khozakademii "Scientific providing the dairy industry"]. Moscow, 2012, pp. 146-159.
2. Meynell, G.G., Meynell, E. *Theory and practice in experimental bacteriology*. Cambridge, Univ. Press, 1965. 300 p. (Russ. ed.: Meynell, G.G., Meynell, E. *Eksperimental'naiia mikrobiologiia. (Teoriia i praktika)*. Moscow, Mir Publ., 1967. 347p.).
3. Mar'in V.A. Novyi zakon rosta mikroorganizmov [New law of growth of microorganisms]. *Trudy posviashchennye 80-letiiu N.N. Lipatova* [Proc. of the devoted to N.N. Lipatov's 80 anniversary]. Moscow, 2003, pp. 142-146.
4. Mar'in V.A. Zakon priamoi proporsional'nosti sopriazhennykh izmenenii kontsentratsii biomassy, substrata i metabolita v protsesse rosta mikroorganizmov [The law of direct proportionality of the interfaced changes of concentration of biomass, a substratum and metabolite in the course of growth of microorganisms]. *Trudy nauchnogo sbornika "Nauchnoe obespechenie molochnoi promyshlennosti (VNIMI-75 let)"* [Proc. of the scientific collection "Scientific support of the dairy industry (VNIMI-75)"]. Moscow, 2004, pp. 211-216.
5. Mar'in V.A. Novaia faza rosta mikroorganizmov - faza lineinogo rosta [New growth phase of microorganisms - a phase of linear growth]. *Trudy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Nano- i biotekhnologiia proizvodstva produktov funktsional'nogo naznacheniia"* [Proc. of the international scientific and practical conference "Nano- and biotechnology of production of products of a functional purpose"]. Krasnodar, 2007, pp. 176-177.
6. Mar'in V.A., Raydna E.I. Faza lineinogo rosta - osnovnaia faza rosta molochnokislykh mikroorganizmov [Phase of linear growth - the main growth phase of lactic microorganisms]. *Trudy Regional'noi konferentsii Mezhdunarodnoi Molochnoi Federatsii "Kisломolochnye produkty - tekhnologii i pitanie"* [Proc. of Regional conference of the International Dairy Federation "Fermented milk products - technologies and food"]. Moscow, 2007, pp. 319-320.
7. Mar'in V.A. Dvadtsatkratnoe uvelichenie urozhainosti zhidkogo i sukhogo kontsentrata bifidobakterii (do $5 \cdot 10^{11}$ KOE/g) obogashcheniem pitatel'noi sredy kompleksom makro- i mikroelementov [A twenty-fold increase in the yield of liquid and dry concentrate bifidobacteria (up to $5 \cdot 10^{11}$ CFU/g) enrichment culture medium complex macro-and micronutrients]. *Materialy vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Printsipy pishchevoi kombinatoriki – osnova modelirovaniia polikomponentnykh pishchevykh produktov»* [Proc. of national Scientific Conference "Microbial biocatalysts and their role in nano-and biotechnology], 2010, pp. 162-165.
8. Mar'in V.A., Kharitonov D.V. Issledovanie skhem posledovatel'nosti faz rosta periodicheskoi kul'tury bifidobakterii ili laktobakterii [Investigation of Growth Phase Sequence Schemes of Periodic Culture of Bifidobacterium and Lactobacillus]. *Tekhnika i tekhnologiia pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology]. 2010, vol. 19, no. 4, pp. 24-28.
9. Pirt S.J. *Principles of microbe and cell cultivation*. Oxford; London; Edinburgh; Melbourne: Blackwell Sci. Publ., 1975. 363 p. (Russ. ed.: Pirt S.J. *Osnovy kul'tivirovaniia mikroorganizmov i kletok*. Moscow, Mir Publ., 1978. 374 p.).
10. Mar'in V.A., Kharitonov V.D. Lineinyi rost i passivatsiia aktivnykh kletok rastushchei kul'tury mikroorganizmov [Linear growth and passivation of active cells of microorganism growing culture]. *Tekhnika i tekhnologiia pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology]. 2014, vol. 35, no. 4, pp. 97-104.
11. Mar'in V.A., Kharitonov D.V. Strogo eksponentsial'nyi rost mikroorganizmov teoreticheski nevozmozhn, real'no neosushchestvlim [Strictly exponential growth of microorganisms is theoretically impossible, really impracticable]. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Fiziologicheskie, biokhimicheskie i molekuliarnye osnovy funktsionirovaniia biosistem* [Proceedings of the Belarussian State University. Series of Physiological, Biochemical and Molecular Biology Sciences]. 2015, vol. 10, part 2, pp. 87.
12. Novik G.I., Astapovich N.I., Kadnikova N.G., Riabaia N.E. Sokhranenie zhiznesposobnosti i fiziologicheskikh svoystv bifidobakterii pri kriokonservatsii i liofilizatsii [Preserving the viability and physiological properties of bifidobacteria during cryopreservation and lyophilization]. *Mikrobiologiia* [Microbiology]. 1998, no. 5, pp. 637-642.
13. Raskoshnaia T.A. *Sovershenstvovanie biotekhnologii bakterial'nogo kontsentrata atsidofil'nykh mo-lochnokislykh palochek dlia proizvodstva kisломolochnykh produktov*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. [Improvement of biotechnology of a bacterial concentrate of acidophile lactic sticks for production of fermented milk products. Cand. tech. sci. autoabstract diss.]. Moscow, 2012. 20 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Марьин, В.А. Нерешённые фундаментальные проблемы общей микробиологии / В.А. Марьин, Д.В. Харитонов, И.В. Харитонова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 37. – № 2. – С. 115–125.

Mary'in V.A., Kharitonov D.V., Kharitonova I.V. The unsolved fundamental problems of general microbiology. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2015, vol. 37, no. 2, pp. 115–125. (In Russ.)

Марьин Виктор Анатольевич

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Россельхозакадемии, 115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская, 35, тел.: +7 (495) 236-35-95, e-mail: vnimi5@rambler.ru

Харитонов Дмитрий Владимирович

д-р техн. наук, директор ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности Россельхозакадемии, 115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская, 35, тел.: +7 (499) 236-32-23, e-mail: vnimi5@rambler.ru

Харитонова Инна Витальевна

аспирант, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

Viktor A. Mar'yin

Cand.Tech.Sci., Leading Research Fellow, All-Russian Dairy Research Institute, 35, Lusinovskaya str., Moscow, 115093, Russia, phone: +7 (495) 236-35-95, e-mail: vnimi5@rambler.ru

Dmitriy V. Kharitonov

Dr. Sci. (Eng.), Chief, All-Russian Dairy Research Institute, 35, Lusinovskaya str., Moscow, 115093, Russia, phone: +7 (499) 236-32-23, e-mail: vnimi5@rambler.ru

Inna V. Kharitonova

Postgraduate Student, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia



УДК 663.14

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ПОСТАВЩИКОВ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

У.С. Федосеева¹, А.И. Полякова^{2,*}

¹ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

²ООО «Бочкаревский пивоваренный завод», 659445, Россия, Алтайский край, Целинный район, с. Бочкари, ул. Молодежная, 1 А

*e-mail: fus@bochkari.ru

Дата поступления в редакцию: 05.02.2015

Дата принятия в печать: 25.02.2015

Необходимость обеспечения безопасности пищевой продукции вынуждает производителей работать с поставщиками, которые способны удовлетворить требованиям организации по качеству и безопасности поставляемой продукции или услуг, так как многие проблемы безопасности пищевых продуктов ведут свое начало от поставщиков. Работа посвящена определению методов оценки поставщиков на основе принципов HACCP и программы предварительных условий, обеспечивающих выполнение требований международного стандарта ISO 22000:2005. Разработана методика, позволяющая производить оценку и выбор поставщиков в рамках системы менеджмента безопасности пищевой продукции. По разработанной методике в качестве примера рассмотрена процедура выбора поставщика по оказанию дератизационных услуг. Варьируя критериями выбора, предлагаемая методика может быть использована как универсальная предприятиями разнообразного профиля для оценки любых поставщиков – сырья, оборудования, услуг. Применяя детальный выбор поставщиков, предприятия могут нивелировать такие риски, как увеличение стоимости и снижение качества, укреплять взаимное доверие и предотвращать нежелательные конфликты. Потребление качественных продуктов и услуг стимулирует поставщиков к выявлению неиспользованных факторов, резервов и возможностей, поиску улучшения своей деятельности. Методика оценки и выбора поставщиков внедрена и успешно функционирует в ООО «Бочкаревский пивоваренный завод» в рамках системы менеджмента безопасности пищевой продукции, сертифицированной по международному стандарту ISO 22000:2005.

Система менеджмента безопасности пищевой продукции, оценка и выбор поставщиков, аутсорсинговые процессы.

Введение

Сегодня потребитель выбирает не только качественный, но и безопасный пищевой продукт. Про-

изводители пищевой продукции, в свою очередь, заинтересованы работать с поставщиками, которые способны удовлетворить требованиям организации