

## Ферментированный продукт на растительной основе

**Донская Галина Андреевна**

ФГАНУ «ВНИМИ»

Адрес: 115093, Москва, ул. Люсиновская, д. 35, корп. 7

E-mail: [g\\_donskaya@vniimi.org](mailto:g_donskaya@vniimi.org)

**Дрожжин Виктор Михайлович**

ФГАНУ «ВНИМИ»

Адрес: 115093, Москва, ул. Люсиновская, д. 35, корп. 7

E-mail: [v\\_drozzhin@vniimi.org](mailto:v_drozzhin@vniimi.org)

**Блинова Татьяна Евгеньевна**

ФГАНУ «ВНИМИ»

Адрес: 115093, Москва, ул. Люсиновская, д. 35, корп. 7

E-mail: [t\\_blinova@vniimi.org](mailto:t_blinova@vniimi.org)

**Семипятный Владислав Константинович**

ВНИИПБиВП – филиал Ф.Б.У «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Адрес: 119021, Москва, Россолимо, д. 7

E-mail: [semipyatniy@gmail.com](mailto:semipyatniy@gmail.com)

Проведен сравнительный анализ процессов сквашивания соевого напитка и коровьего молока ацидофильной молочнокислой палочкой штамма ВНИМИ *Lact. acidophilum* АК – 97. Показано, что процесс кислотообразования в коровьем молоке проходит значительно быстрее в сравнении с соевым напитком. Продолжительность сквашивания коровьего молока составляет 3 часа, соевого напитка – 24 часа. Активность клеток ацидофильной молочнокислой палочки в соевом напитке ниже, чем в коровьем молоке. Можно предположить, что деление клеток в соевом напитке не подчиняется закону геометрической прогрессии. Выживаемость клеток в обоих сквашенных продуктах снижается во времени. На 26-е сутки хранения количество клеток составляло  $0,66 \times 10^7$  – в соевом напитке и  $1,5 \times 10^8$  в коровьем молоке. Форма и расположение клеток ацидофильной молочнокислой палочки, показанные при микроскопировании, идентичны в обоих видах продуктов. Исключение составляло поле соевого напитка в первые сутки после сквашивания. В нём отмечали крупные тёмные шарообразные включения, которые исчезали на 21-е сутки. Изучено влияние ацидофильной палочки на характер изменения антиоксидантной активности соевого напитка. Суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов в соевом продукте превосходит сквашенное коровье молоко и соответствует значению  $7,8 \pm 0,6$  мг/100 г. Изучены органолептические показатели сквашенного соевого продукта в период хранения. На 20-е сутки ступок приобретает рыхлую консистенцию, продукт имеет нетоварный вид и неудовлетворительный вкус с выраженным растительным запахом

**Ключевые слова:** соевый напиток, коровье молоко, сквашивание, ацидофильная молочнокислая палочка, кислотообразование, выживаемость клеток

### Введение

В последние годы на отечественном рынке пищевых продуктов появились аналоги молока на основе растительного сырья. При этом различные виды растительного молока некоторые производители позиционируют как альтернативу коровьему (Paul, Kumar, Kumar, Sharma, 2019, p. 1–19; Tangyu, Muller, Bolten, Wittmann, 2019, p. 23–24; Verduci, D.E.ios, Cerrato, Comberiat, Calvani, Palazzo,

Martelli, Landi, Trikamjee, Peroni, 2019, p. 11; Vanga, Raghavan, 2018, p.10–20; Sethi, Tyagi, Anurag, 2016, p. 3408–3423).

Вместе с тем известно, что женское и коровье молоко являются единственными пищевыми продуктами, которые обеспечивают молодой организм всеми необходимыми питательными веществами и прежде всего белками, обладающими защитными свойствами. Белки молока превосходят белки рас-

тений в силу лучшей сбалансированности по аминокислотному составу. Биологическая ценность белков молока составляет 85%, тогда как этот показатель для растительных белков значительно ниже.

Важным компонентом молока является лактоза, содержащаяся в молоке всех млекопитающих. Поскольку лактоза содержит галактозу, играющую важную роль в химизме центральной нервной системы (галактозиды и цереброзиды составляют часть нервной и мозговой ткани), это соединение, по-видимому, является строительным материалом для мозга, специальным питательным веществом для роста и развития центральной нервной системы потомства млекопитающих (Campbell, 1972, p.18). В отличие от сахарозы и других простых сахаров лактоза относительно плохо растворима. Медленно расщепляясь в толстом отделе кишечника, она стимулирует рост специфических микроорганизмов, особенно *Lactobacillus acidophilus*, которые синтезируют органические кислоты, витамины группы В, антибиотики. Последние препятствуют развитию опасных бактерий в организме. Известно, что лактоза усиливает всасывание Са, Р, Mg и Ва из кишечника. Благодаря этому молоко является превосходным антирахитическим продуктом (Кэмпбелл, Маршалл, 1980, с.13–14). Молоко отличается высоким содержанием минеральных веществ, является превосходным источником кальция, имеет оптимальные соотношения Са:Р = 1,4:1, что важно для костной ткани организма. Молоко содержит витамины и гормоны. Последние выполняют определенные биохимические и физиологические функции в результате согласованных действий нервной, эндокринной и сосудистой систем организма (Шидловская, 2015, с.62).

Вместе с тем отдельная категория населения не переносит лактозу, являющуюся основным углеводным источником молока. Невосприимчивость молока объясняется отсутствием или недостатком фермента лактазы в желудке.

В то же время увеличивается количество веганов, ратующих за отказ от продукции животного происхождения. На частоту возникновения непереносимости лактозы влияет и этническое происхождение. У этнических представителей северных европейских стран, Северной Америки и Австралии наблюдается самый низкий уровень непе-

реносимости: от 5% - у населения Британии, до 17% - в Финляндии и северных регионах Франции. В Ю.ой Америке, Азии, Африке более 50% населения не переносят лактозу (Vanga, Raghavan, 2018, p. 10–20).

Изучением состава молока, его органолептической оценки занимаются ряд российских ученых (Радаева, Шепелева, Шидловская, 2003, с.10–11; Юрова, Полякова, Мельденберг, 2017, с.26–28). Изучены белки и их отдельные фракции, обладающие антиоксидантными и иммуномодулирующими свойствами (Донская, Захарова, 2010, с.72–73; Агаркова, Кручинин, 2018, с.412–417).

Преимущества коровьего молока перед растительными альтернативами очевидны. Известно, что потребление детьми парного (термически необработанного молока) значительно снижает риск воспалительных и респираторных заболеваний. Однако до 4% детей грудного возраста испытывают аллергию на коровье молоко, которая чаще исчезает к 5–6-летнему возрасту.

Хотя разработаны технологии получения безлактозного молока, рынок альтернативных продуктов на растительной основе приобретает все большую популярность. К немолочным альтернативам молока относят соевое, миндальное, рисовое, овсяное, кокосовое и др. (Егорова, 2018, с.25–34).

Особое внимание уделяется соевому молоку, как источнику полноценного белка, моно- и полиненасыщенных жирных кислот, положительно влияющих на сердечно-сосудистую систему (Jeske, Zannini, Arendt, 2017, p.26–33). Функциональными компонентами сои считают изофлавоны, фитостеролы (Sethi, Tyagi, Anurag, 2016, p.3408–3423). Несмотря на то, что соевое молоко появилось много лет назад, и его рекомендуют как здоровый и полезный напиток, результаты апробации его на людях носят слишком противоречивый характер (MacArthur<sup>1</sup>; Kaayaia, 2005; Рябцева, Ахмедова, Анисимова, 2018).

Так по мнению М. Гаврилова<sup>2</sup> – члена института функциональной медицины США фитостеролы, содержащиеся в соевом молоке, с одной стороны, способствуют снижению «плохого» холестерина, с другой – они могут быть совсем не полезны в рационе людей с нарушением метаболизма эстрогенов.

<sup>1</sup> MacArthur J.D. The Trouble With Tofu - Soy and the Brain [Электронный ресурс]. U.L. <https://renew.com/general3/soy.htm> (дата обращения: 13.08.2020).

<sup>2</sup> Растительное молоко: так ли оно полезно? [Электронный ресурс]. U.L. <https://rskrf.ru/tips/eksperty-obyasnyayut/rastitelnoe-moloko-tak-li-ono-polezno> (дата обращения: 14.08.2020).

Любые соевые продукты в этом случае могут увеличить риск развития эстрогенозависимых опухолей. Кроме того, по результатам многочисленных исследований соя признана одним из самых сильных аллергенов. В.С.А соевые продукты полностью исключены из диетического питания (Гаврилов, 2018).

По мнению других авторов (John, 2000) изофлавоны сои особенно опасны при регулярном и длительном приёме. Негативными компонентами сои являются ингибиторы трипсина, высокое содержание фитиновой кислоты и использование генно-модифицированного сырья. Для удаления ингибиторов соевое молоко подвергают режимам стерилизации.

### Теоретическое обоснование

Исследования соевого молока, проведенные в Амурской государственной медицинской академии Аксеновой Т. В. (Аксенова, 2006, с.149) на больных с ишемической болезнью сердца и со стенокардией не выявили достоверных изменений в содержании холестерина. Исходя из схожести жирнокислотного состава липидов соевого молока и плазмы крови, было рекомендовано потребление соевого молока, как источника полиненасыщенных жирных кислот, больным с ишемической болезнью сердца.

Наличие антипитательных веществ в семенах сои ограничивает ее применение и требует разработки специальных режимов для удаления нежелательных ингредиентов (Зобкова, Фурсова, 1998, с.15–16). Так ингибиторы сои образуют устойчивые комплексы с протеолитическими ферментами, что может привести к гипертрофии поджелудочной железы. Содержащиеся в сое лектины (гликопротеины) взаимодействуют с углеводными рецепторами на поверхности клеток кишечника, что препятствует всасыванию полезных веществ.

Процесс ферментации удаляет из сои большинство вредных веществ (Tangyu, Muller, Bolten, Wittmann, 2019, P.23–24). Однако предварительная стерилизация при 150°C снижает содержание ингибитора трипсина лишь на 78%. При этом претерпевают изменения белки и другие компоненты соевого молока (Аксёнова, 2006, с.149).

Ранее во ВНИМИ были разработаны ряд продуктов на основе сои, в том числе напитки кисло-молочного типа: кефирный и «Бифидоник» (Асафов, Фоломеева, Танькова, Исакова, 2004, с.2–20)

Что касается альтернативных видов продуктов на основе растительных бобов, то органолептическая восприимчивость является основным ограничивающим фактором для их широкой популярности. Появляются постоянные жалобы потребителей на бобовый привкус сои в соевом молоке. Кроме того, наличие антипитательных факторов в соевых бобах и различных соевых продуктах вызывает определённую озабоченность.

В настоящее время для решения проблем, связанных с увеличением срока хранения, эмульсионной стойкостью и органолептической восприимчивостью готового продукта, исследуются новые современные технологии производства без тепловой обработки, например обработка импульсным электрическим полем.

Однако, для понимания питательной ценности соевых продуктов в краткосрочной и долгосрочной перспективе проведено недостаточное количество исследований.

Цель данного исследования – провести сравнительный анализ процесса ферментации соевого напитка и коровьего молока молочнокислыми микроорганизмами с контролем их активности при хранении продуктов.

Задачи исследования:

1. Определение динамики кислотообразования в соевом напитке при сквашивании ацидофильной молочнокислой палочкой в сравнении с коровьим молоком.
2. Установление изменения окислительно-восстановительных свойств соевого напитка и коровьего молока в процессе сквашивания.
3. Выявление влияния растительной основы на выживаемость ацидофильной палочки в процессе хранения.

### Материалы и методы исследования

#### Объекты исследования

Объектами исследований являлись: соевый напиток, вырабатываемый в промышленных условиях путём экстракции водой размолотой сои с массовой долей белка 2,25%, массовой долей жира 1,3%, массовой долей углеводов 1,33%; молоко коровье сборное с массовой долей жира 3,6–4,1%, массовой долей белка – 3,0%, массовой долей углеводов – 4,7%.

### Методы и процедура исследования

Оба вида продуктов стерилизовали при температуре 121°C с выдержкой 10 мин., (1атм.). Для сквашивания использовали штамм из коллекции ВНИМИ *Bact.acidophilum* АК-97 слизистых расс. Количество вносимой закваски соответствовало 5%. Сквашивание проводили при температуре (37±2)°С до образования сгустка.

В процессе сквашивания исследовали динамику кислотообразования. Начиная с исходного продукта и через каждый час после внесения закваски в образцах обоих продуктов определяли активную (рН) и титруемую кислотность, окислительно-восстановительный потенциал ОВП (Eh), суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (АОА).

Активную кислотность и окислительно-восстановительный потенциал определяли с помощью рН-метра иономера «Эксперт-001»; титруемую кислотность методом титрования. Содержание водорастворимых антиоксидантов определяли амперометрическим методом на приборе «ЦВЕТ-ЯУЗА-01-АА».

После сквашивания образцы молока расфасовывали в стерильные ёмкости по 50 г с соблюдением правил асептики и закладывали на холодильное хранение при температуре (4±2)°С. Исследования проводили на протяжении 30 суток с периодичностью 5 суток.

Оценивали возможность сквашивания соевого напитка бактериями ацидофильной палочки;

временной интервал, при котором количество клеток остается на уровне, отвечающем биологическим требованиям ( $10^7$ ). Жизнеспособность ацидофильной палочки и их наиболее вероятное число (НВЧ) определяли методом предельных разведений с применением таблицы Мак-Крэди. Эксперименты проводили в 3-х повторностях. Полученные данные подвергали математической обработке.

### Результаты и их обсуждение

Динамика изменения кислотности после внесения ацидофильной молочнокислой палочки в соевый напиток и коровье молоко показана на Рисунке 1.

Из данных Рисунка 1 следует, что развитие молочнокислой микрофлоры в коровьем молоке проходило значительно быстрее относительно соевого напитка. Так через 2 часа ферментации титруемая кислотность коровьего молока приближалась к 60°Т, тогда как в соевом напитке этот показатель составлял не более 30°Т. Только через 24 ч ферментации титруемая кислотность соевого продукта достигла 59,6°Т. Достоверность полученных данных составляла более 95–99%.

Очевидно, что лактоза – единственный углевод молока, является основной питательной средой для ацидофильной молочнокислой палочки. Олигосахариды соевого напитка в меньшей степени способствуют росту молочнокислой микрофлоры.

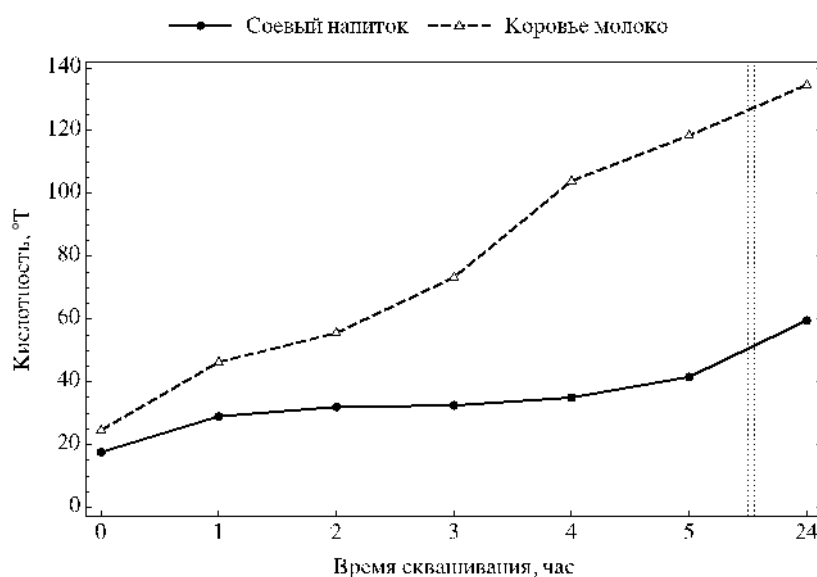


Рисунок 1. Динамика изменения титруемой кислотности продуктов в процессе сквашивания.

Значения активной кислотности, характеризующие концентрацию водородных ионов в продукте, уменьшались пропорционально времени сквашивания. Динамика изменения активной кислотности соевого напитка и коровьего молока в процессе сквашивания показана на Рисунке 2. При этом более выраженная тенденция снижения активной кислотности отмечена в коровьем молоке.

Результаты исследований с высокой степенью достоверности показали динамику снижения рН соевого напитка с 6,56 до 4,77 при достижении титруемой кислотности 56,9°Т. Следует отметить, что слабое образование сгустка наблюдали через 5 ч после начала сквашивания, где титруемая кислотность соответствовала 41,6°Т. Для ускорения образования сгустка в зарубежных исследованиях, например, добавляли в соевое молоко глюкозу, фруктозу, галактозу, лактозу или их смесь. В коровьем молоке через 3 ч сквашивания значение активной кислотности соответствовало 4,68 ед. рН, а титруемая кислотность составляла 73°Т. Полученные данные наглядно показывают, что процесс кислотообразования в соевом напитке проходит значительно медленнее относительно коровьего молока, что согласуется с результатами зарубежных авторов (Vanga, Raghavan, 2018, р.10–20). Очевидно, недостаточное количество моносахаридов в соевом молоке замедляет процесс сквашивания.

Динамика роста окислительно-восстановительного потенциала при сквашивании коровьего молока и соевого напитка показана на Рисунке 3.

Окислительно-восстановительный потенциал обоих видов продуктов, характеризующий окислительно-восстановительные процессы, оказывающий влияние на органолептические свойства кисломолочных напитков, увеличивался пропорционально времени сквашивания.

При этом значение ОВП соевого продукта и коровьего молока через 3 ч и 1 ч ферментации, соответственно, приближались к значению ОВП нативного коровьего молока (200–300 mV). Известно, что термическая обработка молока сопровождается улетучиванием кислорода, разрушением аскорбиновой кислоты и резким понижением ОВП что наблюдали после стерилизации продуктов. В связи с этим исходные показатели ОВП имели минимальные значения. В процессе сквашивания охлаждённых продуктов происходит нарастание кислотности, т.е. повышение концентрации водородных ионов. Последнее приводит к увеличению ОВП.

Согласно аналитическим данным (Vanga, Raghavan, 2018, р. 10–20), в составе соевого напитка имеется большое количество углеводов, витаминов, микро- и макроэлементов, полиненасыщенных жирных кислот, обладающих антиоксидантной активностью. Изучение влияния ацидофильной палочки, являющейся продуцентом антибиотиков, на характер изменения антиоксидантной активности соевого напитка представляло определенный научный интерес. Результаты проведенных исследований показали, что суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов (АОА) в соевом напитке достаточно высокое и соответствовало значению  $(7,8 \pm 0,6)$  мг/100 г.

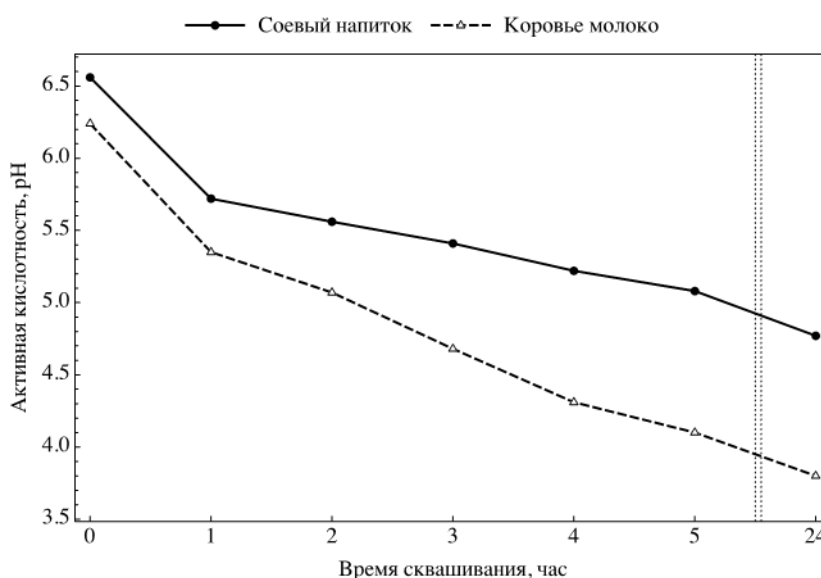


Рисунок 2. Динамика изменения рН продуктов в процессе сквашивания.

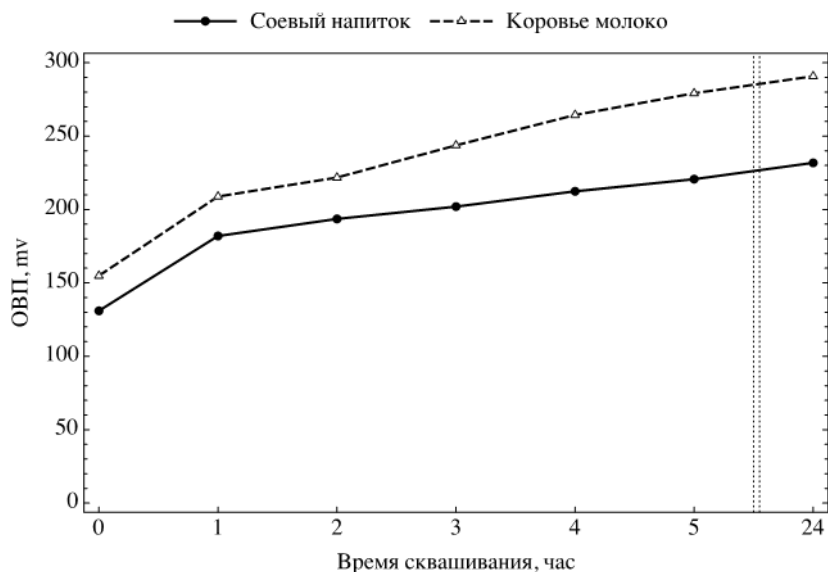


Рисунок 3. Динамика роста ОВП при сквашивании молока и соевого напитка.

Тенденция увеличения АОА отмечена и в сквашенном коровьем молоке, исходная активность которого была менее АОА сквашенного соевого напитка ( $5,16 \pm 1,22$ ) мг/100 г. Однако достоверность значений показателей АОА исходного коровьего молока и через 1 и 3 часа сквашивания была менее 95%. Возможно, это связано с неоднородностью поступающих партий сборного молока. На Рисунке 4 показано изменение содержания водорастворимых антиоксидантов в коровьем молоке и соевом напитке в процессе сквашивания. Из Рисунка 4 наглядно видно, что суммарное содержание водорастворимых антиоксидантов в обоих напитках возрастает пропорционально времени сквашивания.

Очевидно, в процессе ферментации под влиянием молочной кислоты происходит гидролиз белков с образованием свободных аминокислот или пептидов, обладающих антиоксидантными свойствами. Выраженный характер увеличения АОА в процессе сквашивания отмечен в коровьем молоке с максимально высокой титруемой кислотностью. Процесс роста АОА при сквашивании соевого напитка носил более плавный характер, что может быть обусловлено замедленным кислотообразованием.

Изучена выживаемость ацидофильных молочнокислых палочек, являющихся представителями

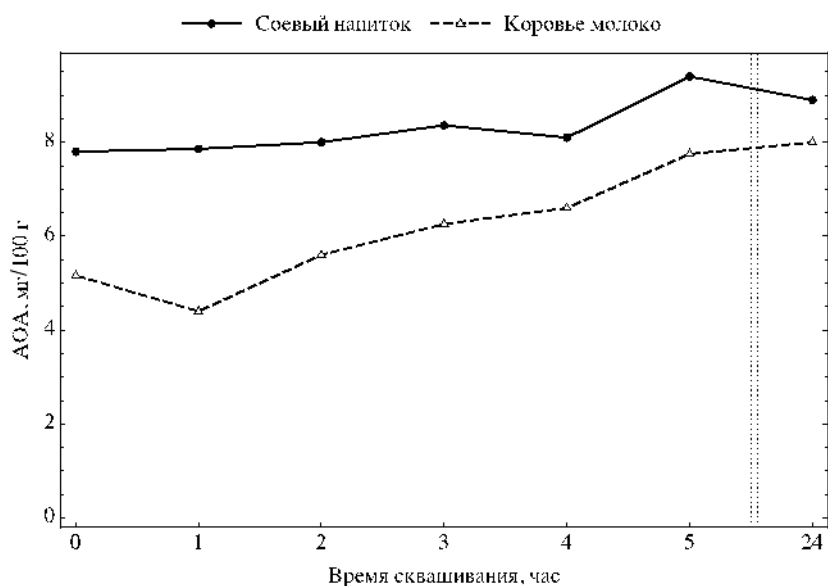


Рисунок 4. Изменения АОА продуктов в процессе сквашивания.

нормальной кишечной микрофлоры, в сквашенных соевом напитке и коровьем молоке в период хранения при температуре  $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ .

Установлено, что количество клеток ацидофильной молочнокислой палочки в соевом напитке, начиная с момента хранения и по 11 сутки включительно, снижалось с  $5 \cdot 10^7$  до  $1,3 \cdot 10^7$ . На 16 сутки хранения количество клеток возрастало примерно в 7 раз, а на 26 сутки сокращалось в 7,6 раза относительно первых суток. Аналогичные зависимости между количеством выживших клеток и временем хранения получены в коровьем молоке.

За время хранения напитка количество клеток молочнокислой микрофлоры снизилось с  $8,4 \cdot 10^8$  до  $1,5 \cdot 10^8$ , т.е. в 5,6 раза относительно первых суток. Полученные результаты показывают, что снижение количества выживших клеток ацидофильной палочки в соевом напитке проходит более интенсивно в сравнении с коровьим молоком. Однако, несмотря на это, количество клеток в сквашенном соевом напитке на протяжении 26 суток хранения оставалось на требуемом биологическом уровне.

На Рисунках 5–6 представлены экспериментальные и теоретически обработанные данные по динамике изменения выживших клеток ацидофильной м/к палочки в сквашенном соевом напитке и коровьем молоке, соответственно, в период хранения. Установлено, что по мере увеличения продолжительности хранения количество выживших клеток в обоих видах продуктов уменьшается.

Линейным приближением изменения клеток являются функции:

$$f_1 = 5.06 \times 10^7 - 0,064 \times 10^7 t \text{ и } f_2 = 59.71 \times 10^7 - 1,571 \times 10^7 t$$

В процессе экспериментальных исследований проводили микроскопирование образцов сквашенного соевого напитка и коровьего молока.

На Рисунке 7 продемонстрированы результирующие поля коровьего молока и соевого напитка.

Показано, что форма и расположение клеток ацидофильной палочки идентичны в соевом напитке и коровьем молоке. Однако в сравнении с коровьим молоком, на поле соевого напитка в первые сутки после сквашивания отмечали крупные темные шарообразные включения, которые практически исчезали на 21 сутки.

Исследованы органолептические показатели сквашенного соевого напитка в процессе хранения. Отмечено, что консистенция продукта до 20 суток хранения была однородной, мягкой, слегка слизистой. По истечении 20 суток сгусток при перемешивании приобретал рыхлую консистенцию с наличием образующихся комочков. Соевый продукт имел слабо кремовую окраску, растительный запах, неудовлетворительный вкус. Оценка органолептических показателей соевого продукта коррелирует с результатами зарубежных авторов (Kolapo, Oladimeji, 2008, p.40–45; Jiang, Cai, Xu, 2013, p.198–212; Udeozor, 2012, p.18–26).

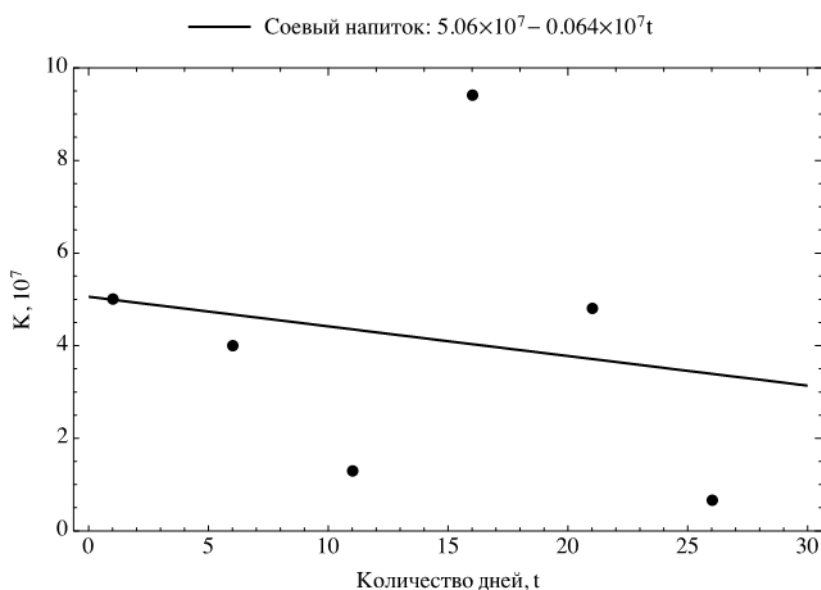


Рисунок 5. Изменения клеток ацидофильной м/к палочки при хранении соевого сквашенного напитка.

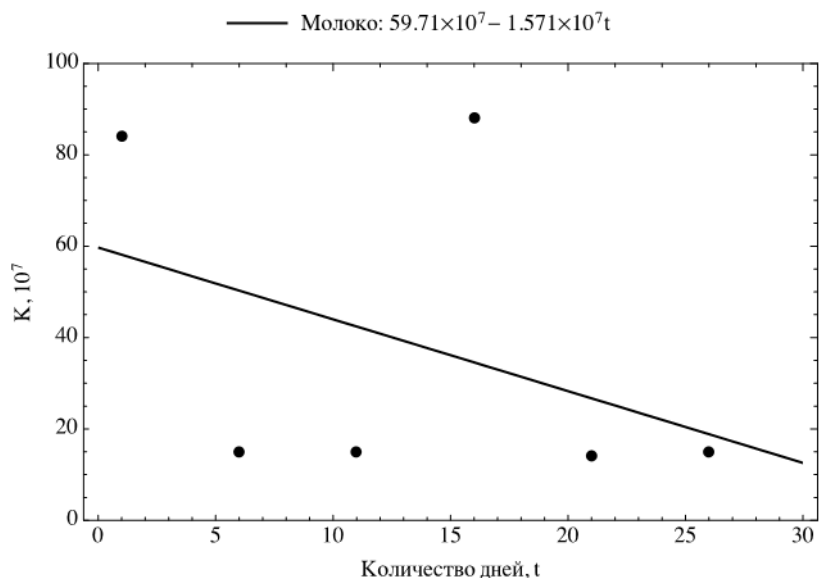


Рисунок 6. Изменения клеток ацидофильной м/к палочки при хранении сквашенного молочного продукта.

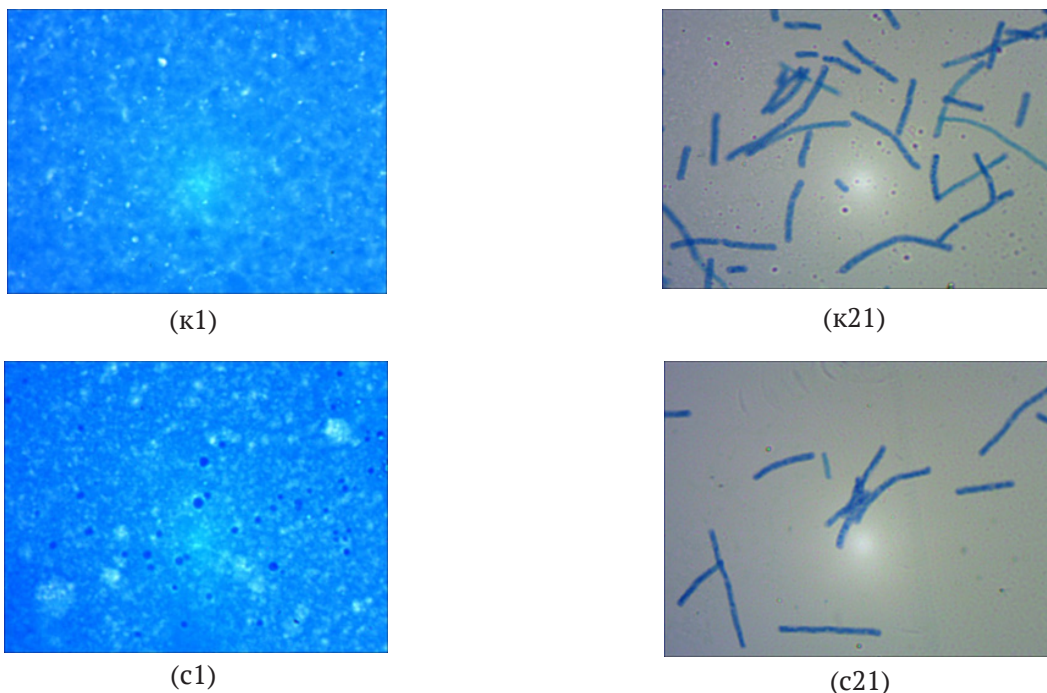


Рисунок 7. Поле коровьего и соевого молока (к1, с1) на первые сутки; (к21, с21) на 21-е сутки после сквашивания, соответственно.

### Выводы

На основании проведенных исследований установлено, что:

1. Активность клеток ацидофильной молочнокислой палочки в стерилизованном соевом напитке значительно ниже, чем в стерилизованном коровьем молоке. Очевидно, что деление кле-
2. Продолжительность сквашивания соевого напитка, без внесения дополнительных ингредиентов, занимает около 24 часов (коровьего молока – 3 часа), что подтверждается результатами исследований титруемой и активной кислотности;

ток в соевом напитке не подчиняется закону геометрической прогрессии, т.к. скорость нарастания кислотности в процессе сквашивания существенно отставала от кислотности стерилизованного коровьего молока.



3. Величина окислительно-восстановительного потенциала, оказывающего влияние на интенсивность протекания биохимических процессов и накопление вкусовых и ароматических веществ при производстве кисломолочного соевого продукта, не превышает 230 мВ и обусловлена концентрацией водородных ионов. Полученные значения ОВП позволяют классифицировать сквашенный соевый продукт как среду со слабо восстановительными свойствами.
  4. Антиоксидантная активность ферментированного соевого продукта превосходит показатели АОА сквашенного коровьего молока. Основанием тому служит повышенное содержание водорастворимых витаминов, ферментов, свободных аминокислот, а также способность к/м ацидофильной палочки продуцировать в данной среде вещества, обладающие антиоксидантной активностью. Для определения водорастворимых антиоксидантов в сквашенном соевом продукте важно исследовать углеводный состав соевого молока, изменения этого состава после стерилизации и сквашивания, что будет являться предметом дальнейших исследований.
  5. Выживаемость клеток ацидофильной молочной палочки в обоих видах сквашенного продукта снижается во времени. За исследуемый период хранения (26 суток) количество клеток в соевом продукте оставалось на уровне, отвечающем биологическим требованиям ( $0,66 \cdot 10^7$ ). В то же время количество клеток в коровьем сквашенном молоке превышало на порядок показатели соевого продукта ( $1,5 \cdot 10^8$ ); для обоснования увеличения клеток молочной-кислой ацидофильной палочки на 16 сутки хранения, также как и объяснение природы шарообразных включений на поле соевого напитка в первые сутки после сквашивания, требуется проведение дополнительных исследований. Для получения удовлетворительных результатов по органолептическим показателям необходима отработка рецептуры с внесением дополнительных ингредиентов.
- лока для коррекции окислительного стресса и гиперлипидемии: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.04. Благовещенск, 2006. 149 с.
- Асафов В.А., Фоломеева О.Г., Танькова Н.Л., Исакова Е.Л. Продукты на основе молочного и растительного сырья // Новые технологии переработки молока, производства масла и сыра: сборник материалов региональных конференций. Чебоксары, 2004. с. 88–92.
- Донская Г.А., Захарова Е.В. Антиоксидантные свойства молочной сыворотки // Молочная промышленность. 2010. № 9. С.72–73.
- Егорова Е.Ю. Немолочное молоко: обзор сырья и технологий // Ползуновский вестник. 2018. № 3. с. 25–34. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.03.005>
- Зобкова З.С., Фурсова Т.П. Продукты на основе соевых компонентов для профилактического и диетического питания // Молочная промышленность. 1998. № 5. с. 15–16.
- Кэмпбелл Дж.Р., Маршалл Р.Т. Производство молока. М.: Колос, 1980. С.13–14.
- Радаева И.А., Шепелева Е.В., Шидловская В.П. О методологии органолептической оценки молока и молочных продуктов // Переработка молока (технология, оборудование, продукция). 2003. № 6(44). с. 10–11.
- Рябцева С.А., Ахмедова В.Р., Анисимов Г.С. Мороженое как средство доставки *Lactobacillus acidophilus* // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48, № 2. с. 5–27. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-5-27>
- Шидловская В.П. О гормонах молока // Молочная промышленность. 2015. № 12. с. 62.
- Юрова Е.А., Полякова О.С., Мельденберг Д.Н. Установление требований и разработка критериев оценки молока-сырья, формирующих его сортность // Молочная промышленность. 2017. № 5. с. 26–28.
- Campbell J.R. In touch with Students – a Philosophy for Teachers. Columbia: Educational Affairs Publishers, 1972. 367 p.
- Jeske S., Zannini E., Arendt E.K. Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes // Plant Foods for Human Nutrition. 2017. Vol. 72, issue 1. P. 26–33. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0583-0>
- Jiang S., Cai W., Xu B. Food quality improvement of soy milk made from short-time germinated soybeans // Foods. 2013. Vol. 21, issue 2. P. 198–212. <https://doi.org/10.3390/foods2020198>
- Kaayia T. D. The whale soy story: the dark side of americas favorite health food. 1st ed. Newtrends Publishing, Inc, 2005. 457 p.
- Kolapo A.L., Oladimeji G.R. Production and quality evaluation of soy-corn milk // Journal of Applied

## Литература

- Агаркова Е.Ю., Кручинин А.Г. Ферментативная конверсия как способ получения биологически активных пептидов // Вестник М.Т.. 2018. Т. 21, № 3. с. 412–417. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-412-419>
- Аксёнова Т.В. Антиокислительные свойства соевых продуктов. Использование соевого мо-

- Biosciences. 2008. Vol. 1, issue 2. P. 40–45. U.L. <http://m.elewa.org/JABS/2008/2/2.pdf> (дата обращения: 10.08.2020).
- Paul A.A., Kumar S., Kumar V., Sharma R. Milk Analog: plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020. Vol. 60, issue 18. P. 3005–3023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>
- Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K. Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review // *Journal of Food Science and Technology*. 2016. Vol. 53, issue 9. P. 3408–3423. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>
- Tangyu M., Muller J., Bolten C.J., Wittmann C. Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value // *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019. Vol. 103. P. 9263–9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>
- Udeozor L.O. Tigernut-soy milk drink: preparation, proximate composition and sensory qualities // *International Journal of Food and Nutrition Science*. 2012. Vol. 1, issue 4. P. 18–26. U.L. <https://docplayer.net/36447089-Tigernut-soy-milk-drink-preparation-proximate-composition-and-sensory-qualities.html> (дата обращения: 10.08.2020).
- Vanga S.K., Raghavan V. How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? // *Journal of Food Science and Technology*. 2018. Vol. 55, issue 1. P. 10–20. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2915-y>
- Verduci E., D.E.ios S., Cerrato L., Comberati P., Calvani M., Palazzo S., Martelli A., Landi M., Trikamjee T., Peroni D.G. Cow's milk substitutes for children: nutritional aspects of milk from different mammalian species, special formula and plant-based beverages // *Nutrients*. 2019. Vol. 11, issue 8. P.1–16. <https://doi.org/10.3390/nu11081739>

# Fermented plant-based product

**Galina A. Donskaya**

All-Russian Dairy Research Institute  
35/7, Ljusinovskaya Str., Moscow, 115093, Russian Federation  
E-mail: g\_donskaya@vnimi.org

**Victor M. Drozhzhin**

All-Russian Dairy Research Institute  
35/7, Ljusinovskaya Str., Moscow, 115093, Russian Federation  
E-mail: v\_drozhzhin@vnimi.org

**Tatyana E. Blinova**

All-Russian Dairy Research Institute  
35/7, Ljusinovskaya Str., Moscow, 115093, Russian Federation  
E-mail: t\_blinova@vnimi.org

**Vladislav K. Semipyatniy**

All-Russian Research Institute of Brewing, Non-Alcoholic and Wine Industry  
7, Rossolimo st., Moscow, 119021, Russian Federation  
E-mail: semipyatniy@gmail.com

Comparative analysis of bovine milk and soy drink fermentation process with *Bact.acidophilum*, AK-97, VNIMI strain, was conducted. It was demonstrated that acidification process was significantly faster in bovine milk rather than in soy drink. Fermentation duration was 3hrs in bovine milk vs 24hrs in soy. Cell *Bact.acidophilum* activity was higher in milk. It can be speculated that cell division in soy drink does not conform to progression law. Cell survival in both fermented products decline with time. After 26days of storage cell number was  $0,66 \times 10^7$  in soy drink compared to  $1,5 \times 10^8$  in milk. Microscopy demonstrated that cell shape and placement was identical in both products with the only exception of soy drink after 24hrs of fermentation when big dark round inclusions were identified which then disappeared 21 day later. Impact of *Bact.acidophilum* on antioxidant activity in soy drink was evaluated. Total amount of water-soluble antioxidants in soy products was higher than in fermented milk and reached  $7,8 \pm 0,6 \text{ mg/100g}$ . Throughout fermentation process, soy drink antioxidant activity increased up to  $8,9 \pm 2,04 \text{ mg/100g}$ . Organoleptic profile of fermented soy product in storage was studied. By day 20 clot became soft with expressed plant off-flavor and overall product appearance became unacceptable for the consumer.

**Keywords:** soy drink, bovine milk, fermentation, *Bact.acidophilum*, acidification, cell survival

## References

- Agarkova E.Y., Kruchinin A.G. Fermentativnaya konverziya kak sposob polucheniya biologicheskii aktivnykh peptidov [Enzymatic conversion as a method of producing biologically active peptides]. *Vestnik M.T. [Bulletin of the Murmansk State Technical University]*, 2018, vol. 21, no. 3, pp. 412–417. <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-412-419>
- Aksyonova T.V. Antiokislitel'nye svoystva soevykh produktov. Ispol'zovanie soevogo moloka dlya korektsii okislitel'nogo stressa i giperlipidemii. Diss. kand. biol. nauk [Antioxidant properties of soy products. The use of soy milk to correct oxidative stress and hyperlipidemia. Ph.D. (Biology) thesis]. Blagoveshchensk, 2006. 149 p.
- Asafov V.A., Folomeeva O.G., Tan'kova N.L., Iskakovva E.L. Produkty na osnove molochnogo i rastitel'nogo syr'ya [Products based on dairy and vegetable raw materials]. In *Novye tekhnologii pererabotki moloka, proizvodstva masla i syra [New technologies for milk processing, butter and cheese production: Proceedings of the conference]*. Cheboksary, 2004, pp. 88–92.
- Campbell J.R., Marshall R.T. Proizvodstvo moloka [Milk Production]. Moscow: Kolos, 1980, pp. 13–14.
- Donskaya G.A., Zaharova E.V. Antioksidantnye svoystva molochnoj syvorotki [Antioxidant properties of whey]. *Molochnaya promyshlennost' [Milk Industry]*, 2010, no. 9, pp. 72–73.
- Egorova E.Y.. Nemolochnoe moloko: obzor syr'ya i tekhnologij [Non-dairy milk: a review of raw materials

- and technologies] *Polzunovskij vestnik [Polzunovsky Bulletin]*, 2018, no. 3, pp. 25–34. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2018.03.005>
- Radaeva I.A., Shepeleva V.P., Shidlovskaya V.P. O metodologii organolepticheskoy ocenki moloka i molochnykh produktov [On the methodology of organoleptic evaluation of milk and dairy products]. *Pererabotka moloka (tekhnologiya, oborudovanie, produkciya) [Milk processing (technology, equipment, products)]*, 2003, vol. 6, no. 44, pp. 10–11.
- Ryabtseva S.A., Akhmedova V.R., Anisimov G.S. Morozhenoe kak sredstvo dostavki Lactobacillus acidophilus [Ice-cream as a means of delivery of Lactobacillus acidophilus]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv [Technics and technology of food production]*, 2018, vol. 48, no. 2, pp. 5–27. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-5-27>
- Shidlovskaya V.P. O gormonah moloka [About milk hormones]. *Molochnaya promyshlennost' [Milk Industry]*, 2015, no.12, pp. 62.
- Yurova E.A., Polyakova O.S., Mel'denberg D.N. Ustanovlenie trebovaniy i razrabotka kriteriev ocenki moloka-syr'ya, formiruyushchih ego sortnost' [Establishing requirements and developing criteria for evaluating raw milk, forming its grade]. *Molochnaya promyshlennost' [Milk Industry]*, 2017, no. 5, pp. 26–28.
- Zobkova Z.S., Fursova T.P. Produkty na osnove soevykh komponentov dlya profilakticheskogo i dieticheskogo pitaniya [Soy-based products for preventive and dietary nutrition]. *Molochnaya promyshlennost' [Milk Industry]*, 1998, no. 5, pp. 15–16.
- Campbell J.R. In touch with Students – a Philosophy for Teachers. Columbia: Educational Affairs Publishers, 1972. 367 p.
- Jeske S., Zannini E., Arendt E.K. Evaluation of Physicochemical and Glycaemic Properties of Commercial Plant-Based Milk Substitutes // *Plant Foods for Human Nutrition*, 2017, vol. 72, issue 1, pp. 26–33. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0583-0>
- Jiang S., Cai W., Xu B. Food Quality Improvement of Soy Milk Made from Short-Time Germinated Soybeans. *Foods*, 2013, vol. 21, no. 2, pp. 198–212. <https://doi.org/10.3390/foods2020198>
- Kaayia T. D. The whale Soy Story: The Dark Side of Americas Favorite Health Food. 1st ed. Newtrends Publishing, Inc, 2005. 457 p.
- Kolapo A.L., Oladimeji G.R. Production and Quality Evaluation of Soy-Corn Milk. *Journal of Applied Biosciences*, 2008, vol. 1, no. 2, pp. 40–45. U.L. <http://m.elewa.org/JABS/2008/2/2.pdf> (accessed 10.08.2020).
- Paul A.A., Kumar S., Kumar V., Sharma R. Milk Analog: Plant Based Alternatives to Conventional Milk, Production, Potential and Health Concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2020, vol. 60, no. 18, pp. 3005–3023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>
- Sethi S., Tyagi S.K., Anurag R.K. Plant-Based Milk Alternatives an Emerging Segment of Functional Beverages: A.R.view. *Journal of Food Science and Technology*, 2019, vol. 53, no. 9, pp. 3408–3423. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>
- Tangyu M., Muller J., Bolten C.J., Wittmann C. Fermentation of Plant-Based Milk Alternatives for Improved Flavour and Nutritional Value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2019, vol. 103, pp. 9263–9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>
- Udeozor L.O. Tigernut-Soy Milk Drink: Preparation, Proximate Composition and Sensory Qualities. *International Journal of Food and Nutrition Science*, 2012, vol. 1, no. 4, pp. 18–26. U.L. <https://docplayer.net/36447089-Tigernut-soy-milk-drink-preparation-proximate-composition-and-sensory-qualities.html> (accessed 10.08.2020).
- Vanga S.K., Raghavan V. How Well do Plant Based Alternatives Fare Nutritionally Compared to Cow's Milk? *Journal of Food Science and Technology*, 2018, vol. 55, no. 1, pp. 10–20. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2915-y>
- Verduci E., D.E.ios S., Cerrato L., Comberiat P., Calvani M., Palazzo S., Martelli A., Landi M., Trikamjee T., Peroni D.G. Cow's Milk Substitutes for Children: Nutritional Aspects of Milk From Different Mammalian Species, Special Formula and Plant-Based Beverages. *Nutrients*, 2019, vol. 11, no. 8, pp. 1–16. <https://doi.org/10.3390/nu11081739>