

Поднять жирность молока при помощи заквасок

Г.Ю.Лаптев
Е.А.Йылдырым
Н.И.Новикова
Д.Г.Тюрина
Л.А.Ильина
А.В.Дубровин
В.А.Филиппова
К.А.Калиткина
Е.С.Пономарева
А.С.Дубровина
И.А.Ключникова
Н.С.Патюкова
В.А.Заикин
ООО «БИОТРОФ»

Доказано, что корма оказывают значительное влияние не только на продуктивность, но и на качество молока коров. Помимо ключевых факторов, определяющих общую кормовую ценность консервированных кормов, таких как содержание сухого вещества, энергии и питательных веществ, существуют и другие переменные, которые могут оказать значительное влияние на надой и качество молока.

Так, например, в последнее время животноводы нередко отмечают факт резкого снижения жира в молоке коров при скармливании силоса, заложенного с зарубежными заквасками (производимыми на основе высушенных лактобактерий). Интересно, что основные показатели питательности корма при этом могут находиться в пределах нормы.

В чем же причина? Очевидно, что в качестве силоса, поскольку, как отмечали практики, замена силоса на покупной позволяла решить создавшуюся проблему с качеством молока. Действительно, показатели качества молока коров напрямую зависят от профилактики таких заболеваний, как метаболические нарушения, микотоксикозы (интоксикации ядами грибов) и эндотоксемия (отравление токсинами бактерий). При этом возникновение данных патологий может быть связано с силосными заквасками, созданными без учета этих проблем.

Силос и ацидоз - есть ли связь?

Современные рационы (с высокой долей энергии и моносахаров) для высокоудойных коров снижают уровень pH в рубце и угнетают жизнедеятельность «капризной» полезной микробиоты, расщепляющей клетчатку. Это является причиной метаболических заболеваний животных, таких, как лактатный ацидоз и кетоз. Параллельно угнетается синтез уксусной кислоты (предшественника жира), а, значит, снижается количество жира в молоке (до 0,3-0,4% и более).

В последнее время у животноводов возникает озабоченность по поводу возможности влияния кислот брожения в силосе на возникновение ацидоза. Является ли это фактом или вымыслом?

На основании изучения более 5 тысяч образцов рубцового содержимого с применением молекулярно-генетических методов специалистами НПК «БИОТРОФ» доказано, что перегрузка рубца доступными формами энергии приводит к резкому увеличению кислотоустойчивой популяции амилотических бактериоидов. Их доля может достигать 90-95% в рубце животных с ацидозом (рис. 1). Интересно, что, вопреки традиционным представлениям, на фоне ацидоза среди группы лактат-синтезирующих бактерий микроорганизмы рода *Lactobacillus* быстрые темпы роста не проявляют. Их доля, как правило, колеблется в диапазоне не более 0,05-0,4%. Ведь они имеют слабые механизмы выживания в агрессивных условиях желудочно-кишечного тракта и проявляют жесткие потребности в питательных веществах.

Продуцентами молочной кислоты могут являться как рубцовые микроорганизмы, так и бактерии, инициирующие процессы ферментации силоса. В связи с этим, за виновников лактатного ацидоза иногда ошибочно принимают силосные молочнокислые бактерии. Тем не менее, стало понятным, что лактатный ацидоз коров обусловлен перегрузкой рубца энергией и сахарами. При этом основные продуценты лактата в рубце животных – это амилотические бактериоиды. Поэтому при-

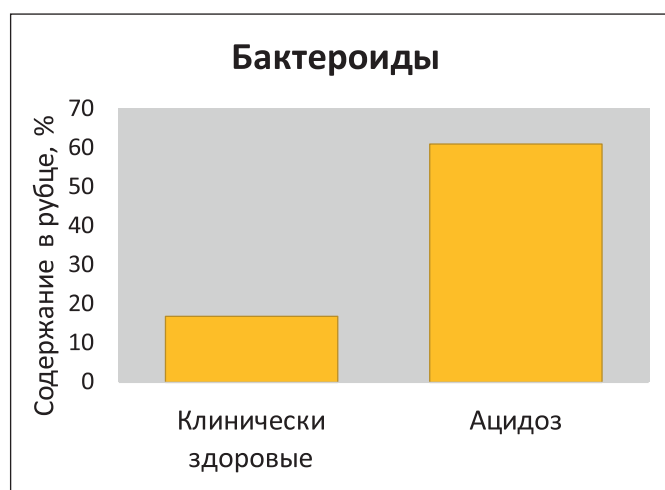
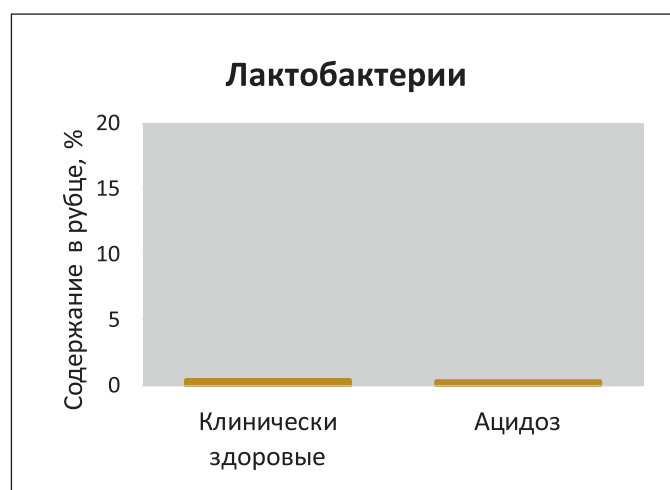


Рис. 1. Лактат-синтезирующие бактерии рубца коров в норме и при ацидозе методом NGS-секвенирования. Усредненные данные по 5 тыс. образцов

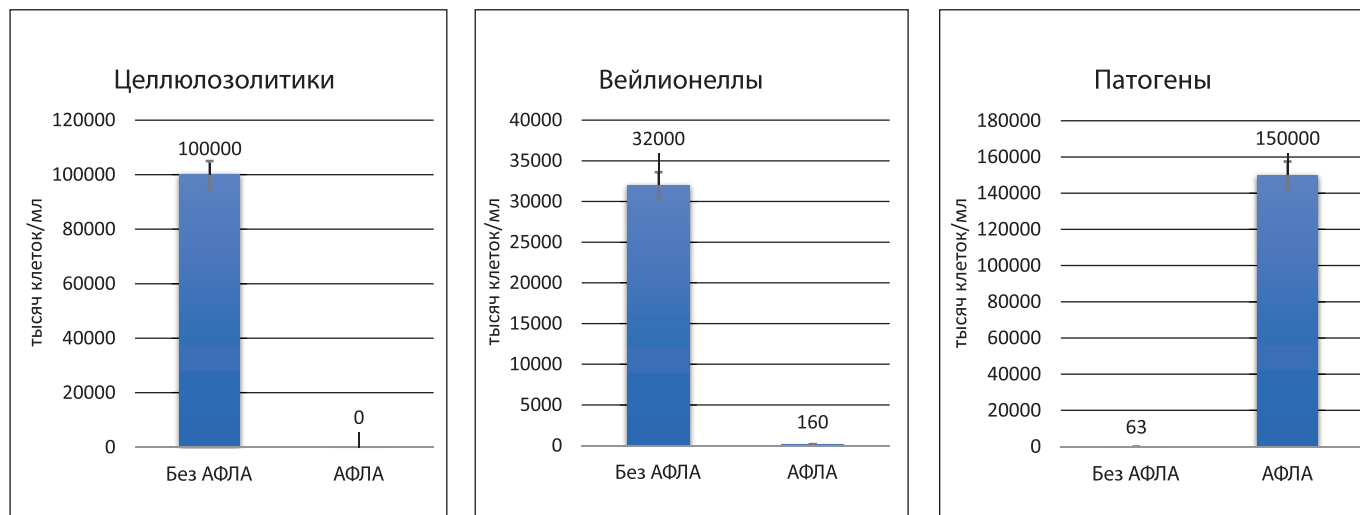


Рис. 2. Изменение микробиоты рубца под влиянием афлатоксинов (АФЛА), тыс. клеток/мл ($\times 10^3$ кл./мл)

сутствие бактерий рода *Lactobacillus* в силосе, в большинстве случаев, не может являться причиной ацидоза коров.

Тем не менее, переокисленный силос (рН ниже 3,7), полученный при консервировании высокоуглеводного сырья и внесении избытка штаммов бактерий в составе заквасок, при определенных обстоятельствах может внести некоторый вклад в процесс развития ацидоза. А именно, потенциал для развития ацидоза при скормливании переокисленного силоса может возникнуть в случае накопления в ходе ферментации избыточного количества D-изомера молочной кислоты.

Дело в том, что процесс образования лактата у микроорганизмов катализируется ферментами лактатдегидрогеназами двух видов: L и D. В результате деятельности этих ферментов образуются 2 оптических изомера молочной кислоты: L(+)-лактат и D(-)-лактат. Установлено, что эти изомеры оказывают разные эффекты на здоровье жвачных животных. L-лактат не опасен и даже полезен для животных. Он быстро расщепляется в печени до пирувата, который используется для синтеза глюкозы, а, значит, энергии. А вот D-лактат считается более токсичной формой, в отличие от L-лактата. Именно D-лактат и подавляет развитие полезных целлюлозолитиков и вейллионелл, продуцирующих летучие жирные кислоты (ЛЖК). Он хуже утилизируется рубцовой микробиотой, усугубляя явление ацидоза.

Поэтому, если при селекции штаммов бактерий в составе силосных заквасок не учитывается свойство направленно синтезировать L-лактат, то при скормливании силоса в определенных случаях могут возникнуть предпосылки для более тяжелого течения лактатного ацидоза, что может привести к снижению надоя и жира в молоке.

Чем опасны микотоксины?

Неправильная заготовка корма может приводить к развитию в нем нежелательной микробиоты, включая грибков-продуцентов микотоксинов. Введение в рацион корма, загрязненного патогенными микроорганизмами и микотоксинами, может вызывать у животных нарушение микробного сообщества рубца, потерю усвоения растительной клетчатки, расстройства обмена веществ, проблемы воспроизводства, значительное снижение продуктивности и качества молока.

Хорошо известно, что некоторые микотоксины, такие, как ДОН и Т-2-токсин, синтезируемые грибами рода *Fusarium*, вызывают падение надоя и/или молочного жира, при хроническом воздействии – даже в низких концентрациях.

Ранее считалось, что разнообразные по функциям микроорганизмы, населяющие содержимое рубца здоровой коровы,

должны служить барьером, встающим на пути проникновения токсинов. Однако, это утверждение справедливо лишь для низкопродуктивных коров, содержащихся в экофермах и получающих физиологичные рационы. Интенсификация и «голландизация» животноводства привели к снижению адаптационного потенциала и тотальному нарушению микробиома рубца. Микробиом «современной» высокопродуктивной коровы теряет способность к естественной детоксикации микотоксинов. Так, с использованием молекулярно-генетических методов исследования мы показали, что поступление афлатоксинов в пищеварительную систему высокопродуктивных животных вызывает выраженный дисбиоз микробиома (рис. 2): резко падает содержание полезных целлюлозолитиков, расщепляющих клетчатку и вейллионелл, что приводит к дисбалансу летучих жирных кислот. В результате животное теряет способность переваривать клетчатку кормов. Нарушение профиля ЛЖК отрицательно влияет на показатели надоя и жирности молока.

Как стало понятно, еще одним ключевым процессом правильного созревания силоса, потребление которого не окажет негативного воздействия на надой и качество молока, является процесс биодеструкции микотоксинов.

Эндотоксины – что ожидать?

Эндотоксины – это компоненты внешней клеточной мембраны грамотрицательных патогенных бактерий, таких, как кишечная палочка, сальмонелла, шигелла, клостридии.

С применением молекулярно-генетических методов мы показали, что растительное сырье для силосования уже во время вегетации поражается опасными токсинообразующими патогенами, которые выживают в силосе длительное время (не менее 4 недель). Поэтому одним из источников заселения рубца патогенной микробиотой может являться силос, заложенный с нарушениями технологии, в том числе, с неподходящими консервантами.

Кроме того, в 2023 г. мы провели обширный мониторинг силосов из траншей 17 животноводческих хозяйств Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Во многих пробах было выявлено присутствие генов шигатоксинов А и В (*stx1A*, *stx2B*), интимина (*eae*), энтерогемолизина (*ehxA*), которые продуцируют энтеробактерии, α -токсина (*cpa1*) и ϵ -токсина (*etx*), которые синтезирует вид *Clostridium perfringens*, а также бинарного токсина (*cdtB*), токсинов А (*tcdA*) и В (*tcdB*), производимых видом *Cl. difficile* (табл. 1). Эти токсины вызывают опасные патологии у человека и животных. По результатам исследования

Таблица 1. Присутствие генов эндотоксинов в образцах силосов из животноводческих хозяйств г. Санкт-Петербург и Ленинградской области

Продуцент	Доля проб, в которых выявлено присутствие генов токсина, %									
	Энтеробактерии				<i>Cl. perfringens</i>			<i>Cl. difficile</i>		
	Ген токсина	<i>stx2B</i>	<i>stx1A</i>	<i>eae</i>	<i>ehxA</i>	<i>cpa1</i>	<i>cpb</i>	<i>etx</i>	<i>cdtB</i>	<i>tcdA</i>
Волосовский	67	0	0	33	0	0	100	100	0	0
Волховский	17	0	0	17	0	0	89	50	0	0
Всеволожский	57	29	0	29	57	0	57	71	71	29
Выборгский	69	85	23	38	46	0	46	69	0	0
Гатчинский	50	28	0	44	28	0	56	0	11	0
Кингисеппский	0	0	0	0	0	0	75	0	0	0
Киришский	0	67	0	0	25	0	83	33	0	0
Кировский	36	0	0	36	0	0	82	73	0	0
Ломоносовский	44	63	6	0	31	0	75	6	0	0
Приозерский	18	71	35	18	71	0	71	18	0	0
Пушкинский	40	40	0	0	0	0	100	30	20	0
Сланцевский	0	50	0	0	0	0	50	0	0	0
Тихвинский	61	89	0	0	56	0	67	11	0	0
Тосненский	25	81	0	50	94	0	69	56	31	94

оказалось, что в целом по Ленинградской области и г. Санкт-Петербург (Пушкинский р-н) абсолютно «чистыми» были лишь 23% силосов от общего количества всех исследованных проб. Значительно загрязненными токсинами оказались около 32% кормов: они содержали от 3 до 5 наименований генетических детерминант (генов) эндотоксинов.

По причине загрязненности основных кормов, у животных, включая клинически здоровых, эндотоксины постоянно присутствуют в пищеварительной системе. Они могут являться дополнительной причиной снижения продуктивности и ухудшения показателей качества молока, поскольку вследствие эндотоксемии наблюдается перенаправление ресурсов с производства продукции на иммунную систему. С другой стороны, ацидоз и другие патологии сопровождаются повышением концентрации эндотоксинов в рубце, что запускает воспалительную реакцию в рубцовом эпителии и нарушает эпителиальный барьер. Это, в свою очередь, вызывает распространение эндотоксинов по периферии кровообращения, что приводит к системной воспалительной реакции.

Молочная железа коровы особенно восприимчива к инфекциям широкого спектра патогенных бактерий, включая

стафилококков, энтеробактерий и фузобактерий. Эндотоксины этих патогенных бактерий представляют собой связанные с патогеном молекулярные структуры, вызывающие мастит. Показано (Wu et al., 2020), что эндотоксины могут напрямую ингибировать синтез молочного жира эпителиальных клеток молочной железы крупного рогатого скота за счет подавления экспрессии (работы) соответствующих генов.

Поэтому на сегодняшний момент одна из самых важных мер профилактики инфекционных заболеваний и эндотоксемии – это использование заквасок на основе штаммов бактерий с выраженной антимикробной активностью, включая синтез бактериоцинов.

Как «подтянуть» жирность?

Очевидно, что силос, заложённый с заквасками без доказанной эффективности, может вызывать проблемы с перевариваемостью питательных веществ, поступлением в организм коров патогенов, эндо- и микотоксинов, снижением надоя и жирности молока.

Следует помнить, что свойства биопрепарата полностью зависят от штамма, входящего в его состав, и не могут экстраполироваться на весь вид, а уж, тем более, род, к которому он относится. В частности, гибкое и адаптивное «поведение» *L. plantarum* было обнаружено и в генах, кодирующих L- и D-лактатдегидрогеназы. Например, в составе генома специ-

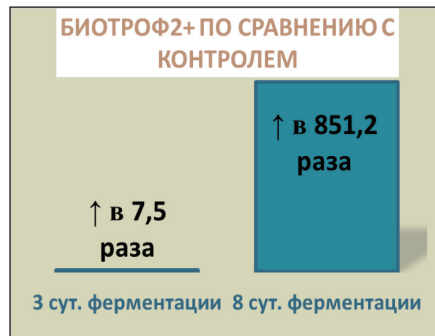


Рис. 3. Увеличение экспрессии генов L-лактата в силосе под влиянием закваски Биотроф2+

стафилококков, энтеробактерий и фузобактерий. Эндотоксины этих патогенных бактерий представляют собой связанные с патогеном молекулярные структуры, вызывающие мастит. Показано (Wu et al., 2020), что эндотоксины могут напрямую ингибировать синтез молочного жира эпителиальных клеток молочной железы крупного рогатого скота за счет подавления экспрессии (работы) соответствующих генов.

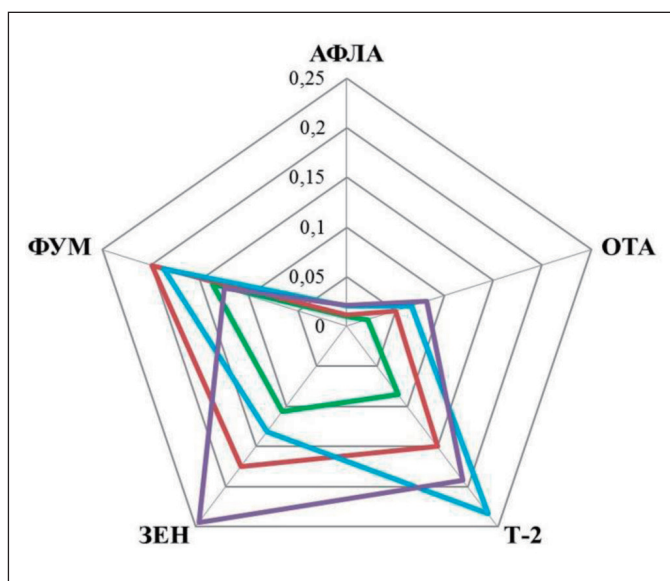


Рис. 4. Содержание микотоксинов в силосе, заложённом с различными консервантами, мг/кг

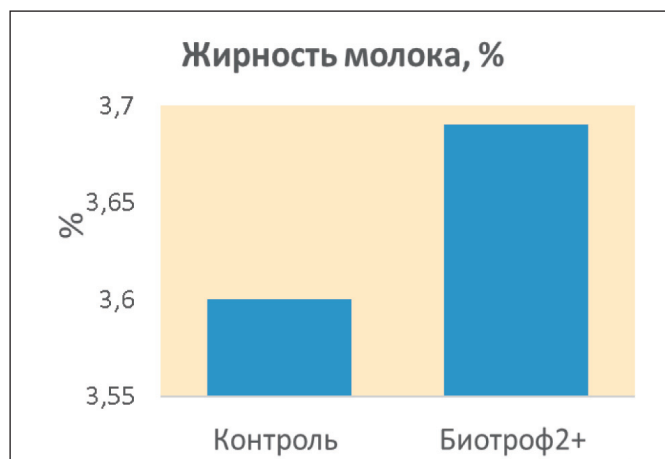
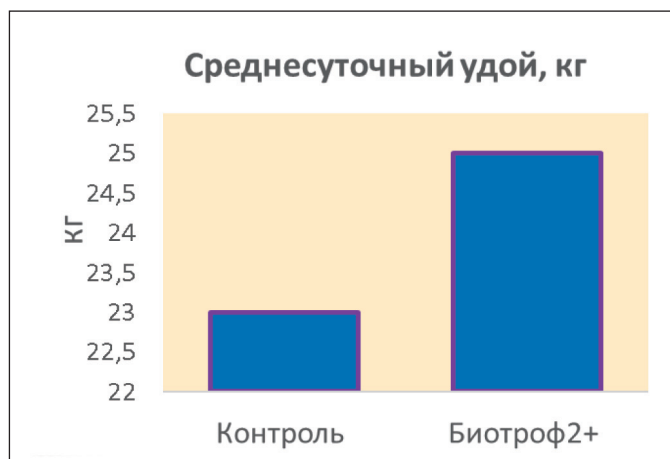


Рис. 5. Молочная продуктивность коров при скармливании силоса без закваски и с закваской Биотроф2+ (M±m, n=10)

ально отселектированных штаммов ген, связанный с синтезом D-лактатдегидрогеназы, может быть полностью «выключен».

Примером закваски, производящей L-изомер лактата, является биопрепарат Биотроф2+ на основе *Lactobacillus plantarum* и *Enterococcus faecium*. Мы провели анализ экспрессии генов синтеза ферментов L- и D-лактатдегидрогеназ микробным сообществом силоса, который был заложен с закваской Биотроф2+ и без добавок. Экспрессия (работа) генов – это процесс, в ходе которого наследственная информация от гена преобразуется в функциональный продукт – РНК, а затем белок (например, фермент лактатдегидрогеназу). Таким образом, анализ экспрессии генов при помощи наблюдения за РНК методом количественной ПЦР позволяет обнаружить, какие гены силосных бактерий активируются в ответ на выбранный прием консервирования, что может приводить к запуску синтеза соответствующего белка.

На рисунке 3 показан относительный уровень экспрессии генов синтеза L-лактатдегидрогеназы, связанных с продукцией L-лактата, в силосе с закваской Биотроф2+ по сравнению с контролем. Из графиков видно, что внесение закваски резко усилило синтез силосными молочнокислыми бактериями L-лактата (до 851 раза!). А вот уровень синтеза D-лактата не отличался от контрольного варианта.

Кроме того, за счет синтеза спектра ферментов, штаммы в составе заквасок производства ООО «БИОТРОФ», способны к эффективной биодеструкции микотоксинов. Мы провели сравнение количества микотоксинов в злаково-бобовом силосе, заложенном в животноводческих хозяйствах нашей страны. Силос был заготовлен с жидкими заквасками производства БИОТРОФ (40 образцов), высушенными консервантами зарубежного производства (16 образцов), химическим консервантом (17 образцов), а также без добавок (142 образцов).

В связи с тем, что сложные комбинации токсических грибковых метаболитов формируются уже в поле на вегетирующих растениях, присутствие микотоксинов было обнаружено во всех пробах (рис. 4). Однако, наименьшее среднее содержание микотоксинов было выявлено в образцах силоса, заготовленного с использованием жидких заквасок производства БИОТРОФ, по сравнению с образцами силоса, заложенного без заквасок, а также с химическим и высушенными биологическими консервантами.

Причины неудач при использовании биологических заквасок на основе высушенных штаммов лактобактерий состоит в том, что лиофильное высушивание – это технологически сложный процесс, который включает несколько агрессивных по отношению к бактериям, не образующим спор, этапов. На каждом из них происходят серьезные повреждения клеточной

стенки и ДНК. Поскольку проницаемость клетки связана с клеточной мембраной, ее «травмирование» при лиофильной сушке приводит к «просачиванию», а, значит, повышенной чувствительности к соли в среде. А ведь в силосе в результате подвяливания растительной массы создается высокое осмотическое давление. Следовательно, выжить в силосе высушенные лактобактерии с поврежденными мембранами уже не смогут, он окажется слишком агрессивной для них средой.

Многочисленные эксперименты подтверждают, что скармливание силоса, приготовленного с закваской Биотроф2+, сопровождается увеличением надоев коров и не только не снижает, но даже улучшает показатели качества молока. В частности, увеличение продуктивности было отмечено и для новотельных коров (рис. 5), которые составляют основную группу риска развития метаболических нарушений.

Как показали результаты молекулярно-биологических методов, введение в рацион силоса, заложенного с закваской, позитивно влияет на состав микроорганизмов рубца, нарушенный высококонцентратным кормлением, что, в свою очередь, сказывается на молочной продуктивности.

Подводим итоги

Снижению содержания жира в молоке коров способствуют многие факторы: метаболические заболевания, микотоксикозы и эндотоксемия, причиной которых могут стать силосные закваски, разработанные без учета этих проблем. Поэтому, разработка биопрепаратов для силосования должна быть строго научно обоснована. Селекция штаммов бактерий в составе заквасок в компании НПК «БИОТРОФ» ведется в различных направлениях, включая возможность синтезировать преимущественно L-лактат, проявлять высокую антимикробную активность, осуществлять биодеструкцию микотоксинов.

ООО «БИОТРОФ»



Санкт-Петербург, г. Пушкин,
ул. Малиновская,
д. 8, лит. А, пом. 7-Н
+7 (812) 322-85-50,
322-65-17, 452-42-20
biotrof@biotrof.ru

<http://biotrof.ru>