

# СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУТИРАТОВ

**Л. ГОТХАЛС**, генеральный директор,

**А. ГОРБАКОВА**, заместитель директора по развитию в странах СНГ, Sanluc International n.v., Бельгия

В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ АКТУАЛЬНЫМ ЯВЛЯЕТСЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И ИХ СОЛЕЙ В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ. ПРИЧЕМ ДОКАЗАНО, ЧТО НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНО ПРИМЕНЕНИЕ СОЛИ. В ЭТОЙ СТАТЬЕ РЕЧЬ ПОЙДЕТ О БУТИРАТАХ — СОЛЯХ МАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ.

Сегодня существуют различные технологические формы бутиратов, каждая из которых, судя по рекламе, в основном направлена на диссоциацию в определенном отделе ЖКТ животного и птицы, поскольку именно там масляная кислота либо ее соль оказывают положительное влияние. Но все ли составы и формы одинаково эффективны? Способны ли они дойти до нужного отдела и оказать положительное влияние на организм?

## О масляной кислоте

Масляная кислота — это природная жирная кислота, которая образуется в толстом отделе кишечника в результате активности кишечной микрофлоры, ферментирующей пищевые волокна и непереваримые углеводы. Основная ее функция — снабжение эпителиальных клеток слизистой оболочки кишечника энергией для улучшения метаболизма, контроля нормального развития клетки и усиления защитной роли в отношении заболеваний кишечника различной этиологии. Кроме того, она оказывает положительные эффекты, которые позволяют противостоять воспалительным процессам, возникающим вследствие неблагоприятных внешних факторов: стрессов, ненадлежащих условий содержания, инфекций и т.д.

Действие масляной кислоты можно условно разделить на три направления.

### Биохимическое и физиологическое:

- является источником энергии энтероцитов, ворсинок слизистой оболочки кишечника, обладает высоким содержанием энергии — 17,6 МДж/кг;
- защищает целостность слизистой оболочки кишечника, стимулирует разрастание ворсинок и снижает их отмирание. Помогает в восстановлении стенок кишечника при повреждениях различной этиологии (к примеру, поражения при кокцидиозе);
- увеличивает секрецию пищеварительных ферментов.

### Терапевтическое:

- стимулирует иммунную систему к специфическому иммунному ответу и замедляет воспалительные реакции.

### Микробиологическое:

- уменьшает рост и проникновение патогенных бактерий: *E.coli*, *Clostridium* и *Campylobacter*;
- обладает уникальным свойством: снижает экспрессию генов, ответственных за заражение и закрепление многих видов *Salmonella*.

Таким образом, масляная кислота улучшает усвоение питательных веществ в кишечнике, стимулирует специфический иммунный ответ и ингибирует патогенную микрофлору. Однако применять ее в чистом виде и ждать описанных выше эффектов не имеет смысла, поскольку уже в начальных отделах ЖКТ она диссоциирует и не доходит до кишечника. В связи с этим наиболее эффективной формой использования масляной кислоты является ее соль, с таким же кислотным остатком.

## Бутираты: различие, состав, формы

На рынке кормовых добавок представлены две соли масляной кислоты: бутират натрия и бутират кальция. Химические формулы этих солей различны. У натриевой соли один катион натрия связан с одним анионом бутирата, тогда как у кальциевой соли два аниона бутирата. В связи с этим различием скорость диссоциации у них разная: бутират натрия растворяется в жидкой среде значительно быстрее, чем бутират кальция. Это важный фактор для обеспечения прохождения бутирата до кишечника животного и птицы.

Можно отметить еще один фактор — масляная кислота (именно в виде кальциевой соли) широко применяется в лечении ряда заболеваний человека, благодаря своему противовоспалительному действию.

Запах — еще одно существенное различие бутиратов. Бутират натрия обладает ярко выраженным неприятным запахом, тогда как у бутирата кальция он выражен менее значительно. На персонал и на некоторых животных этот запах действует отталкивающе, хотя для свиней, особенно для молодняка, он привлекателен, поскольку в молозиве свиноматки содержится около 3% масляной кислоты.

Бутират натрия использовать в чистом (незащищенном) виде неэффективно, так как он характеризуется быстрой растворимостью и высокой гигроскопичностью. В такой форме соль преждевременно, еще при хранении и грануляции, начнет диссоциировать, теряя кислотный остаток и окончательно растворится в начальных отделах ЖКТ. Поэтому бутират натрия нуждается в дополнительной защите. Бутират кальция можно применять в чистом виде, по-

сколькo он медленнее растворяется, обладает низкой гигроскопичностью и высокой концентрацией действующего вещества, что обеспечивает постепенную диссоциацию в ЖКТ. Это позволяет большей части соли дойти до нижних отделов кишечника. Однако дополнительная защита бутирата кальция значительно повысит его эффективность при снижении количества действующего вещества. Производители применяют различные формы защиты: смешивание бутирата с неорганическими солями; закрепление бутирата на носителе, обеспечивающем пролонгированную диссоциацию; использование масляного компонента, который также помогает частично защитить от неприятного запаха. При этом существуют различные комбинации защиты соли масляной кислоты.

Кормовые добавки на основе бутирата имеют следующие технологические формы:

- бутират натрия без защиты с высокой концентрацией действующего вещества;
- бутират натрия с носителем и защитой в виде неорганической соли;
- бутират натрия с носителем и масляной защитой;
- бутират кальция без защиты с высокой концентрацией действующего вещества;
- бутират кальция с масляной защитой;
- бутират кальция с носителем и масляной защитой.

Исходя из особенностей систем пищеварения сельскохозяйственных животных и птицы нельзя с уверенностью сказать, что представленные формы кормовых добавок будут одинаково эффективны, поскольку задачи, стоящие перед бутиратом и защитой, будут существенно различаться.

Разберем этот вопрос отдельно по отраслям.

### ЖИВОТНОВОДСТВО

Применение бутирата в животноводстве наиболее актуально для телят до 6 месяцев, поскольку в этот период формируется и развивается рубец. Соли масляной кислоты стимулируют рост ворсинок рубца, способствуя тем самым решению многих проблем пищеварения, связанных с отлучением от молока и последующим переходом на грубые корма.

Таким образом, наиболее важно обеспечить диссоциацию бутирата именно в рубце. Но стоит отметить, что прохождение части бутирата в кишечник и его последующая диссоциация также будут оказывать положительное влияние.

Понятно, что с учетом особенностей пищеварения телят требуется обеспечить пролонгированную диссоциацию бутирата с помощью защиты и исключить преждевременное его растворение.

Применять же комбинированную защиту в данном случае нецелесообразно, поскольку это приведет к удорожанию кормовой добавки без повышения ее эффективности.

### СВИНОВОДСТВО

Применение соли масляной кислоты направлено на работу в кишечнике. Оно оказывает как физиологическое,

так терапевтическое и микробиологическое воздействие. Поэтому основная задача защиты — обеспечить прохождение бутирата до кишечника. В этом случае можно использовать бутират кальция в чистом виде, как с большей концентрацией действующего вещества, так и с меньшей, но с одним видом защиты. Бутират натрия в чистом виде применять не имеет смысла, поскольку соль будет быстро диссоциировать в начальных отделах ЖКТ.

### ПТИЦЕВОДСТВО

У системы пищеварения сельскохозяйственной птицы свои особенности. Верхние отделы представлены ротовой полостью, пищеводом, зобом, железистым и мускульным желудками. Часть из этих органов является существенным препятствием на пути бутирата в кишечник. В связи с этим кормовая добавка на основе бутирата должна обладать целой комбинацией защиты, каждый вид которой должен быть предельно эффективен. Лишь один вид защиты не позволит большей части бутирата достигнуть кишечника.

Таким образом, не может кормовая добавка одного состава быть одинаково эффективной для различных видов животных и птицы. Для каждого вида должна быть разной не только дозировка, но и технологическая форма.

### Сравнение

#### различных технологических форм бутиратов

В 2014 г. был проведен ряд исследований различных технологических форм кормовых добавок на основе бутирата натрия и кальция. Некоторые результаты легли в основу данного сравнения. Его цель — определить наиболее эффективную комбинацию защиты бутирата для применения в птицеводстве, поскольку это особенно важно для этой отрасли. Большой интерес представляет сравнение бутиратов с различной защитой: бутират натрия с носителем и защитой в виде неорганической соли (образец №1); бутират натрия с носителем и масляной защитой в виде оболочки (образец №2); бутират кальция с носителем и масляной защитой в виде наполнителя (образец №3).

Следует отметить, что все исследуемые образцы являлись комбинированными гранулированными кормовыми добавками. Среди них ярко выраженным неприятным запахом обладал образец №1. В образцах №2 и №3 запах был не явно выражен благодаря наличию масляной защиты.

#### Структура гранул

На рисунках 1 и 2 представлены микрофотографии образцов кормовых добавок (бутиратов). Образец №1 соответствует описанию технологической формы. На микрофотографии видна кристаллизованная структура смеси соли бутирата натрия и другой неорганической соли. На поверхности частицы наблюдаются незначительные посторонние включения. Образец №2 обладает ровной формой гранулы. На разрезе — рыхлая структура наполнителя, в которой распределены частицы бутирата натрия. Толщина оболочки частицы — до 12 мкм. Именно эта оболочка и является масляным компонентом, обеспечивающим защиту. Образец №3 характе-



Рис. 1. Строение и форма микрогранул бутиратов, исследованных на электронном сканирующем микроскопе<sup>1)</sup>

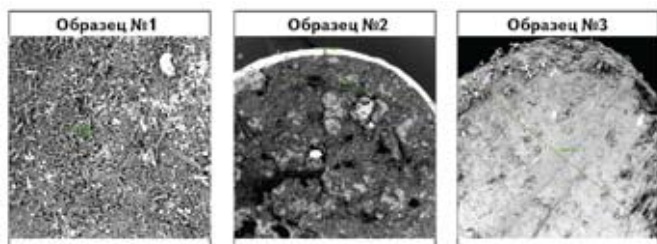


Рис. 2. Структура микрогранул: образец №1 — поверхность, образец №2 и №3 — внутренняя структура<sup>1)</sup>

ризуется крайне плотной внутренней структурой. В плотном «теле» гранулы равномерно распределены введенные компоненты. Следует отметить, что подобная структура изначально может быть более устойчива к воздействию внешних факторов. Помимо этого, данная структура характеризует микрогранулу как частицу с высоким удельным весом, что позволяет обеспечить высокий показатель по насыпной плотности готовой формы кормовой добавки.

#### Растворимость

Исследование растворимости в кислых средах было проведено при следующих условиях: температура — 40°C, интенсивность перемешивания раствора на магнитной мешалке — 750 об./мин. Проводилась оценка скорости растворения при pH сред 5,5 и 3, кислотность среды обеспечивалась 0,1 М HCl.

Наиболее интенсивное растворение показал образец №1. В течение 150 с наблюдалось интенсивное растворение крупных частиц. При изменении pH среды с 5,5 до 3 навеска в течение 55 с полностью растворилась, с помутнением среды. Явного выпадения осадка не отмечалось. Образец №2 при различных pH (5,5 и 3) растворялся не интенсивно.

Для полного растворения потребовалось повышение температуры до 65°C. После отстаивания раствора осадка не наблюдалось, что свидетельствует о водорастворимой

основе носителя. Растворение образца №3 (при pH 5,5 и 3) было крайне неинтенсивным. Для полного растворения потребовались повышение температуры жидкой среды до 90°C и достаточно длительное время. После отстаивания жидкости выпал не растворившийся осадок — носитель.

Образец №1 был дополнительно исследован на интенсивность растворения и изменение размера частиц в жидкой среде (рис. 3).

При первом измерении наблюдался относительно равномерный состав исходного образца. Последующие три измерения проводились каждые 20 с. При втором измерении количество наиболее крупных микрогранул уменьшилось, а мелких увеличилось. Это

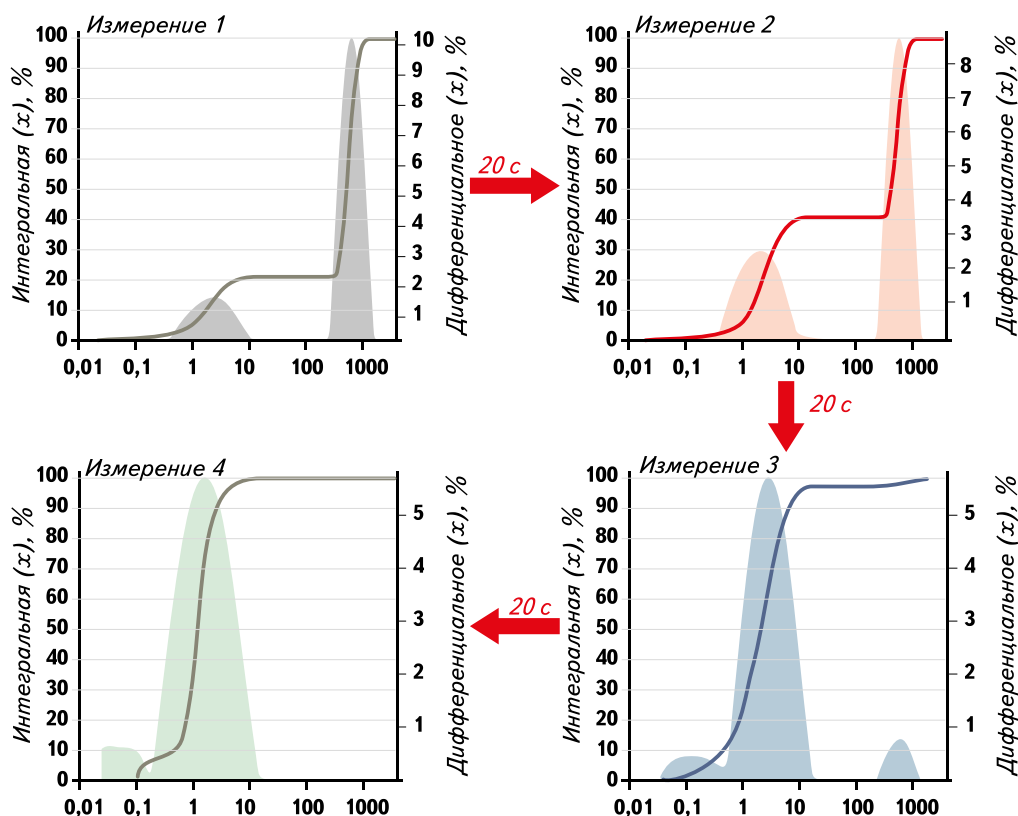


Рис. 3. Изменение размера частиц образца №1 в водной среде<sup>2)</sup>

Примечание. Исследования образцов проводились в лаборатории биотехнологии ООО «Биовет-фермент» с применением:

<sup>1)</sup> электронного сканирующего микроскопа Phenom G2 Pro;

<sup>2)</sup> лазерного анализатора размера частиц Analysette 22 MicroTec Plus

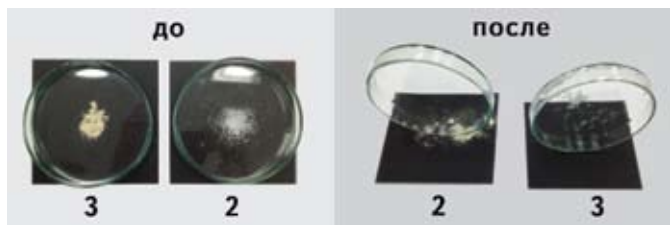


Рис. 4. Воздействие температуры 65°C в течение 120 с

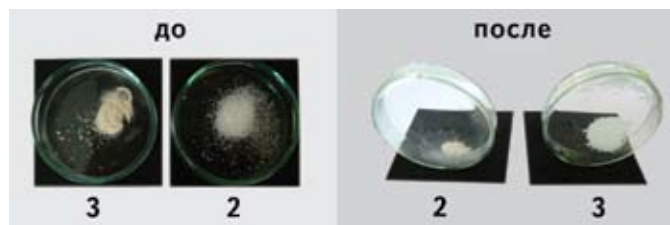


Рис. 5. Воздействие температуры 90°C в течение 60 с

свидетельствует о начале растворения крупных частиц. При третьем измерении наблюдалось почти полное растворение крупных частиц и значительное увеличение мелких. При этом началось растворение и наиболее мелких частиц (появление еще одного пика в низком диапазоне). При четвертом измерении было установлено, что крупные частицы полностью растворились, началось активное растворение мелких частиц. Данные результаты говорят о высокой скорости растворимости образца №1 в водной среде.

#### Температурное воздействие

Результаты опыта на растворимость показали, что наличие масляной защиты, как в виде оболочки, так и виде наполнителя, достаточно эффективно защищает от воздействия жидкой среды при невысоких температурах. Однако для образца №2 с масляной оболочкой повышение температуры жидкой среды до 65°C ускорило процесс растворения, тогда как для образца №3 с масляным наполнителем температура 90°C незначительно ускорила растворение.

В связи с этим было актуальным изучить воздействие повышенных температур воздушной среды, которые могут привести к разрушению масляной защиты, например, при гранулировании комбикорма.

Эксперимент проводился следующим образом: навески образца в чашках Петри помещались в сушильный шкаф на 120 с при температуре 65°C и на 60 с при температуре 90°C (рисунки 4 и 5). Образец №3 показал устойчивость к воздействию указанных температур в течение установленного экспериментом времени с сохранением свойства «сыпучести». Масляная оболочка образца №2 оказалась крайне не устойчива к воздействию повышенных температур, быстро плавилась и растекалась по поверхности чашки Петри. Свойство сыпучести у образца №2 полностью пропадало уже при 65°C.

#### Выводы

Образец №1 — бутират натрия с носителем и защитой в виде неорганической соли — обладал ярко выражен-

ным специфическим запахом, поскольку у него нет специальной защиты или компонента, способного этот запах нейтрализовать. Структура частиц характеризовалась как структура кристаллизованной смеси солей, что, как и состав, не показало эффективной защиты от растворения в жидких средах при различных pH (кислой и нейтральной). Кормовая добавка имела высокую степень растворимости в различных условиях.

Образец №2 — бутират натрия с носителем и масляной защитой в виде оболочки — имел сложную технологическую форму, но при этом защитная эффективность масляной оболочки оказалась низкой. При воздействии повышенных температур, как в жидкой, так и в воздушной среде, эта оболочка довольно быстро разрушалась.

Образец №3 — бутират кальция с носителем и масляной защитой в виде наполнителя — показал лучшие результаты. Технологическая форма обеспечила отсутствие неприятного запаха, который у бутирата кальция изначально и так менее выражен. Строение гранулы и определенное техническое решение распределения масляного компонента обеспечили устойчивость к воздействию жидких сред (в том числе кислых), а также повышенных температур, как в жидкой, так и в воздушной среде. Конечно, во многом существенным фактором защиты является использование для этой цели подходящих компонентов, например масла. Однако, судя по результатам наших испытаний, устойчивее оказалась технологическая форма образца №3.

Таким образом, наиболее устойчивой формой для применения в птицеводстве, способной эффективно защитить соль масляной кислоты и довести ее до кишечника в значительном количестве, является следующая комбинация:

- бутират кальция, который обладает меньшей скоростью диссоциации;
- закрепление бутирата кальция на нерастворимом носителе (лучше пористом или слоистом), который обеспечивает пролонгированную диссоциацию;
- размещение бутирата кальция на носителе в масляном компоненте, позволяющем эффективно защитить максимальное количество состава со всех сторон.

Анализ данных, полученных в ходе исследований, позволяет сделать вывод, что с точки зрения химического состава наиболее оптимальным для всех отраслей является применение бутирата кальция ввиду его меньшей скорости растворения. При этом в животноводстве и свиноводстве бутират кальция рекомендуется использовать как в чистом (незащищенном) виде, так и с наличием одного вида защиты. Для птицеводства, ввиду особенности пищеварения птицы, необходимо применять кальциевые соли с несколькими видами защиты (носитель и масляный компонент) от преждевременного растворения.

Список литературных источников, использованных авторами при подготовке статьи, можно запросить в редакции. ■