

# Мета-анализ

## ВЛИЯНИЯ МАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БРОЙЛЕРОВ



**Yann LEVER**

Technical Services & Support Specialist

GLOBAL NUTRITION - France



This study's aim was to evaluate the effect of butyric acid and compare variations such as dose, sources, and protection methods, on broiler performance. A meta-analysis divided into two parts was conducted; the first part studied the effects of butyric acid on broiler performance (24 publications) and the second part evaluated the effects of butyric acid on intestinal histology (16 publications).

In the meta-analysis, the addition of butyric acid increased broilers growth. It reduced the feed conversion ratio and has not impacted feed intake. The optimal dose was identified to be not more than 300 g/MT of complete feed. Both performance benefits calcium butyrate and sodium butyrate performance were demonstrated. The low number of ester trials available did not enable a conclusion on the efficiency of this source. This meta-analysis does not show the impact of the protection of butyric acid, as no enough data was available for non-protected sources.

This study confirms the zootechnical impact of butyric acid in broiler production and an optimal dose-effect is demonstrated. However, the implication of the different methods of protection and the sources of butyric acid is not totally clear. As a consequence, a complementary study might be beneficial.

## Введение

Масляная кислота, или бутират в его диссоциированной форме, является короткоцепочечной жирной кислотой (КЦЖК), признанной за ее влияние на моногастральный кишечник (Elneir et. al. 2020). Масляная кислота улучшает целостность кишечника, стимулирует секрецию слизи и модулирует плотные соединения, что позволяет снизить проницаемость кишечной стенки (Barcelo et. al. 200; Zheng et. al. 2017). К тому же, масляная кислота регулирует воспалительную реакцию, снижая выработку провоспалительных цитокинов и повышая уровень противовоспалительных цитокинов (Li et. al. 2015; Leonel et. al. 2012). Масляная кислота также модулирует кишечную микробиоту (Ornust et. al. 2020). В заключение он стимулирует выработку иммунологических защитных пептидов (ИЗП) и останавливает рост таких патогенов, как E. Coli, Salmonella, Clostridium perfringens (Sunkara. 2011; Fernandez-Rubio et. al. 2009; Song et. al. 2017). Благодаря этим различным действиям масляная кислота может уменьшить стресс, инфекции и потери питательных веществ. В синергии с этими действиями масляная кислота стимулирует выработку секрета поджелудочной железы и ферментативную активность (Guilloteau et. al. 2010; Li et. al. 2015).

**Масляная кислота улучшает целостность кишечника, стимулирует секрецию слизи и модулирует плотные соединения, позволяя снизить проницаемость кишечная стенка.**

Масляная кислота увеличивает длину ворсинок и, как следствие, поверхность поглощения питательных веществ (Panda et. al. 2009; Czerwinski et. al. 2012; Kaczmarek et. al. 2016). Эти различные действия способствуют увеличению переваривания и усвоения питательных веществ. Масляная кислота способствует повышению показателей роста бройлеров, однако в литературе до сих пор нет ясности в оценке этих эффектов. Некоторые исследователи продемонстрировали, что рост и конечная масса тела улучшаются (Panda et. al., 2009). Другие исследователи не смогли увидеть положительного влияния на рост (Wu et. al. 2016; Leeson et. al. 2005). Некоторые факторы могут влиять на эффект масляной кислоты на продуктивность бройлеров, поскольку она может быть дополнена различными формами (бутират кальция, бутират натрия и сложные эфиры), различными используемыми дозами и использованием методов защиты бутиратных солей (нацеленных на высвобождение в кишечнике) или нет. Основной целью данного исследования является оценка влияния масляной кислоты на продуктивность бройлеров и гистологическую морфологию.

Основная цель состоит в том, чтобы определить, могут ли доза, источник и метод защиты влиять на эффективность масляной кислоты.

## Методы и материалы

### База данных

Обзор был сделан со следующими ключевыми словами: «Масляная кислота», «бутират», «бутират кальция», «бутират натрия» «бройлеры». Было найдено 56 публикация, после чего был сделан отбор: каждая выбранная публикация содержала по крайней мере одно исследования с двумя обработками, одна из которых дополнялась бутиратом, а другая – без бутирата. В экспериментах должны были изучить либо производительность бройлеров, либо гистологию кишечника. После 32 печатных изданий были отобраны в соответствии с этими параметрами. На основе этих 32 печатных изданий были отобраны в соответствии с этими параметрами. На основе этих 32 публикаций были созданы две базы данных. Первый - для оценки влияния бутирата на продуктивность бройлеров, а второй – для определения влияния бутирата на гистологию кишечника. В дополнение к этим параметрам доза масляной кислоты должна быть постоянной в течение всего периода роста. Наконец, 24 публикации были использованы для исследования производительности и 16 – для исследования гистологии.

### Кодирование

На основе отобранных публикаций эксперименты были идентифицированы и закодированы. Каждый эксперимент состоял по меньшей мере из двух обработок с уникальной переменной между ними – дозой масляной кислоты. Каждый эксперимент был закодирован 4 числами (например, 1.1.1.1). Первый номер был номером публикации, второй – номером испытания внутри публикации, третий – под-испытательным номером, четвертый – номером периода. 39 экспериментов были использованы для изучения продуктивности бройлеров и 35 – для гистологического исследования. Однако количество экспериментов может колебаться в зависимости от каждого анализируемого параметра и периода.

### Измеренные и рассчитанные параметры

Измеренными параметрами эффективности роста были среднесуточный прирост (ССП) (г/сут), среднее потребление корма (г/сут) и коэффициент конверсии корма (ККК). Эти параметры изучались в течение сего периода испытания: начальный период, период доращивания и конечный период. Для гистологических параметров изучали длину ворсинок, глубину крипты и соотношение ворсинки/крипта. Для каждого параметра Y была создана вычисляемая переменная под названием ΔY. Эта переменная соответствовала вариации обработки с масляной кислотой в сравнении с обработкой без добавки. Эта переменная вычисляется по следующей формуле:

$$\Delta Y \text{ CodeExpeX.X.Xtreatment1} = (Y \text{ CodeExpeX.X.Xtreatment1} - Y \text{ CodeExpeX.X.Xcontrol}) / Y \text{ CodeExpeX.X.Xcontrol}$$

## STATISTICAL ANALYSIS

### Статистический анализ

The Statistical analysis was conducted with Rstudio software with a risk of 5%. The statistical analysis is performed using the programmatic assurance of Rstudio standard 5% in standard model is used covariance (ANCOVA).

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ij}$$

With  $Y_{ij}$  analyzed variable,  $\mu$  - average value of the variable,  $\alpha_i$  - effect of the qualitative variable,  $\beta_j$  - effect of the quantitative variable,  $\alpha\beta_{ij}$  - interaction between the factor and the variable,  $e_{ij}$  - residual error.

## Результаты

### Влияние масляной кислоты на производительность бройлеров

Мета-анализ влияния дозы масляной кислоты на производительность бройлеров. В эксперименте участвовало 129 бройлеров. Средняя продолжительность эксперимента составила 39 дней. Начальный период длился в среднем 17 дней, период дозревания - 35 дней, а финишный - 39 дней. Количество экспериментов колебалось в зависимости от периода между 32 и 16 экспериментами для конечного периода. Масляную кислоту добавляли от 40 до 4000 г/т корма. Основными источниками бутирата были бутират натрия (14 экспериментов), бутират кальция (10 экспериментов), кальций бутират (10 экспериментов) и бутират эстера (4 эксперимента) и эфиры масляной кислоты (4 эксперимента). В 4 экспериментах использовался незащищенный бутират, в 20 - защищенный бутират с жиром и 4 - сложные эфиры (этерификация рассматривается как защита).

В течение всего периода исследования (табл.1) добавление масляной кислоты значительно снижало конверсию корма с 1,70 до 1,59 и увеличивало ССП на 2,1 г/дву без существенного влияния на потребление корма (пехре=32). В течение начального периода ККК имеет тенденцию к снижению, но существенных различий не наблюдалось (р-значение=0,12; пехре=27). В период дозревания ККК был снижен на 0,2 г/сут (р-значение=0,0189 и 0,0141). Потребление корма не было нарушено (пехре=27). В итговый период добавление масляной кислоты имеет тенденцию только увеличивать рост. Он стал больше на 5,3 г/сут (р-значение=0,0719; пехре=24).

Табл.1: Влияние масляной кислоты на производительность бройлеров

|                    | Whole period       | Starter           | Grower            | Finisher          |
|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| No. of experiments | 32                 | 27                | 27                | 24                |
| FCR                | ↓<br>P-value=0,001 | =<br>P-value=0,32 | ↓<br>P-value=0,01 | =<br>P-value=0,24 |
| ADG                | ↑<br>P-value=0,001 | =<br>P-value=0,72 | ↑<br>P-value=0,01 | ↑<br>P-value=0,07 |
| Feed intake        | =<br>P-value=0,70  | =<br>P-value=0,64 | =<br>P-value=0,53 | =<br>P-value=0,36 |

Over 1200g of butyric acid / MT of feed, the inclusion rate of the doses is not homogeneous. As a consequence, evaluation of the effects of the dose is made in a range of doses from 40 to 1200 g/MT. An effect of the dose is observed on the FCR during the whole period. From 40 to 300g of butyric acid/ton, an increase of the dose improves the FCR until a reduction of -3%. From 300 to 850 g/MT, the effect on the FCR is less marked. Over 850 g/MT, the FCR tends to be reduced (Figure 1). The effects of the dose of butyric acid are following a regression of order 3. From 40 to 300 g of butyric acid per MT, ADG is increased until +4,0%. Doses from 300 to 850 g/MT increase the growth but with a lower impact. Over 850 g/MT, ADG is again increased (Figure 2).

No significant differences were observed between calcium butyrate, sodium butyrate, and esters (пехре=28). Numerically, calcium butyrate is the best source of butyric acid. Не наблюдалось (пехре=28). Численно, бутират кальция является лучшим источником масляной кислоты для снижения ККК и повышения ССП (табл.2). Защищенные бутираты, соли с жиром, показали лучшее снижение ККК и выше ССП по сравнению с незащищенными бутиратными солями и эфирами (пехре=28).

Рис.1: Влияние дозы масляной кислоты на конверсию корма

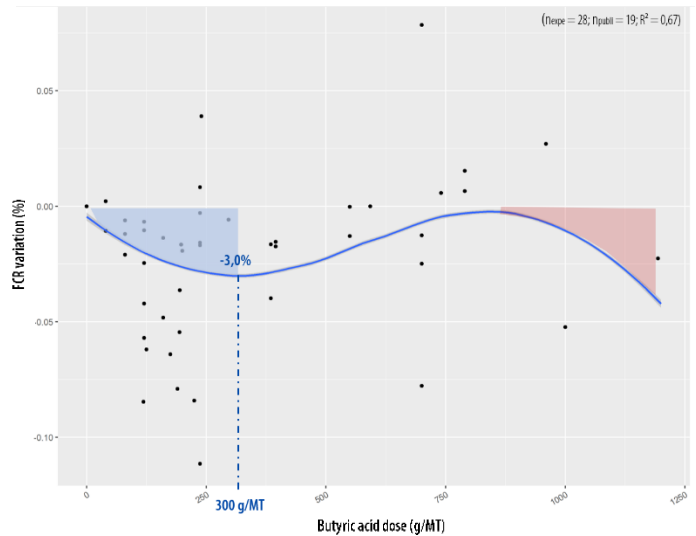


Рис.2: Влияние дозы масляной кислоты на среднесуточный прирост

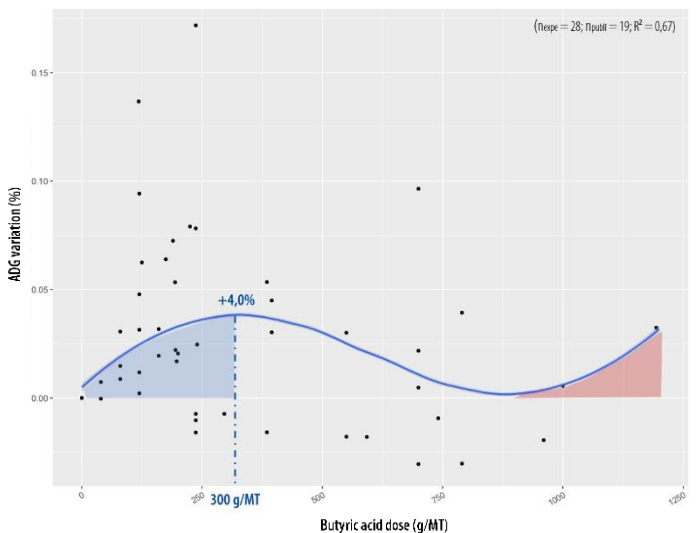


Табл.2: Влияние источника масляной кислоты на производительность бройлеров

|                       | Calcium butyrate | Sodium butyrate | Butyric acid ester |
|-----------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| DATA BASE             |                  |                 |                    |
| No. of experiments    | 10               | 14              | 4                  |
| No. of birds          | 4712             | 2356            | 440                |
| Butyric acid dosis    | 238 g/MT         | 388 g/MT        | 717 g/MT           |
| PERFORMANCE           |                  |                 |                    |
| FCR variation         | -2,6%            | -2,3%           | -1,3%              |
| ADG variation         | +3,1%            | +2,9%           | +1,9%              |
| Feed intake variation | +0,0%            | +0,6%           | +1,3%              |

### Влияние масляной кислоты на гистологию кишечника

Масляная кислота значительно увеличивала длину ворсинок двенадцатиперстной кишки и подвздошной кишки. Соотношение V/C также было улучшено в каждом сегменте кишечника. При стимуляции ворсинок двенадцатиперстной кишки наблюдалась квадратичная доза-реакция. В подвздошной кишке был линейным. Бутират натрия улучшил более значительно, чем бутират кальция, длину ворсинок двенадцатиперстной кишки (р-значение <0,001). Однако бутират кальция значительно улучшил соотношение V/C в подвздошной кишке (р-значение=0,0708).

Эффект защиты (value = 0,8708). The effect of butyric acid was not demonstrated in the duodenum of broilers. В подвздошной кишке у не защищённых более бутират значительно улучшил соотношение V/C и ворсинки.

## Обсуждение

Добавление масляной кислоты позволяет повысить эффективность за счёт увеличения роста без какого-либо влияния на потребление корма. Эти наблюдения согласуются с литературными данными, даже если одна часть приходит к выводу, что масляная кислота улучшает показатели роста, а другая часть не наблюдала улучшения (Panda et al. 2009; Dhara et. al. 2019; Leeson et. al. 2005). Разные реакции животных на добавление масляной кислоты может быть объяснена гигиеническим состоянием, наличием патогенных микроорганизмов или составом корма. Мета-анализ рассматривает все эти параметры и общее представление влияния масляной кислоты на производительность.

Это исследование продемонстрировало и другие важные факторы эффективности масляной кислоты: доза является решающим фактором ее эффективности. Некоторые исследователи тестировали различные дозы, но не смогли отметить никакого эффекта дозы (Bedford et. al. 2018). Как объяснялось ранее, это можно было объяснить гигиеническим состоянием животных. Другие исследователи обнаружили линейную дозу-реакцию между 40 и 250 г масляной кислоты на т (Levy et. al. 2015). Эти результаты находятся в литературе, однако данное исследование позволяет более точно количественно оценить эффект дозы в большом диапазоне доз масляной кислоты по сравнению с другими публикациями (Imran et. al. 2018). Оптимальное влияние масляной кислоты на производительность достигается при дозе 300 г/т. Выше этого уровня производительность улучшается в меньшей степени. Дозы более 850 г/т,



## Оптимальное влияние масляной кислоты на производительность при дозе 300 г/т

как правило, положительно влияет на показатели роста, однако количество экспериментов на этом уровне невелико, и поэтому трудно сделать выводы.

Подобный эффект дозы наблюдался и в ворсинках двенадцатиперстной кишки, несмотря на меньшее число экспериментов. Это наблюдения согласуются с другими исследованиями (Smulikowska et. al. 2009) и помогают объяснить, как масляная кислота стимулирует рост, не влияя на потребление корма. Увеличение поверхности поглощения питательных веществ и улучшение здоровья кишечника играют решающую роль в улучшении показателей роста.

Источник масляной кислоты, по-видимому, не оказывает существенного влияния на показатели роста, даже если наблюдаются численные различия. Кроме того, малое количество экспериментов, проведенных с эфирами, не позволяет сделать вывод об их эффективности. Влияние используемого метода защиты масляной кислоты было неясным, поскольку было проведено слишком мало исследований с использованием незащищенного бутирата. Однако защита, по-видимому, играет важную роль во время гигиенических проблем и особенно во время бактериологических проблем (Ornust et. al. 2020).

## CONCLUSION

This study can conclude on the benefits of the supplementation of butyric acid in the improvement of broilers' growth performance. The butyric acid dose can also impact its efficiency. The evaluation of the source and method of protection efficiency is still not fully clear. A complementary study might be necessary.

## Ссылки

- Barcelo A., Claustre J., Moro F., Chayvialle J.A., Cuber J.C., et Plaisancié P. ; 2000. *Gut* 46 (2): 218-24.
- Bedford A., et Gong J. ; 2018. *Animal Nutrition* 4 (2): 151-59.
- Czerwiński J., Højberg O., Smulikowska S., Engberg R.M., et Mieczkowska A. ; 2012. *Archives of Animal Nutrition* 66 (2): 102-16.
- Dhara A., Verma D., Dey S., Sarkar A., et Haldar S. ; 2019. *Veterinary Sciences*, 10.
- Elneer S.S., Alagawany M., Elwan H.A.M., Fathi M.A., et Farag M.R. ; 2020. *Annals of Animal Science* 20 (1): 29-41.
- Fernandez-Rubio C., Ordonez C., Abad-Gonzalez J., Garcia-Gallego A., Honrubia M.P., Mallo J.J., et Butyric acidlana-Fouce R. ; 2009. *Poultry Science* 88 (5): 943-48.
- Guilloteau P., Savary G., Jaguelin-Peyrault Y., Romé V., Le Normand L., et Zabielski R. ; 2010. *Journal of Dairy Science* 93 (12): 5842-50.
- Imran M., Ahmed S., Ditta Y.A., Mehmood S., Khan M.I., Gillani S.S., Rasool Z., Sohail M.L., Mushtaq A., et Umar S. ; 2018. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society* 69 (3): 1109-16.
- Kaczmarek S., Butyric acidrri A., Hejdysz M., et Rutkowski A. ; 2016. *Poultry science* 95 (janvier).
- Leeson S., Namkung H., Antongiovanni M., et Lee E.H. ; 2005. *Poultry Science* 84 (9): 1418-22.
- Leonel A.J., et Alvarez-Leite J.I. ; 2012. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 15 (5): 474-79.
- Levy A.W., Kessler J.W., Fuller L., Williams S., Mathis G.F., Lumpkins B., et Valdez F. ; 2015. *Poultry Science* 94 (8): 1864-70.
- Li J., Hou Y., Yi D., Zhang J., Wang L., Qiu H., Ding B., et Gong J. ; 2015. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 28 (12): 1784-93.
- Onrust L., Butyric acideyen S., Haesebrouck F., Ducatelle R., et Van Immerseel F. ; 2020. *Veterinary Research* 51 (1): 56.
- Panda A.K., Rama Rao S.V., Raju M.V.L.N., et Sunder G.S. ; 2009. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22 (7): 1026-31.
- Smulikowska S., Czerwiński J., Mieczkowska A., et Jankowiak J. ; 2009. *Journal of Animal and Feed Sciences* 18 (juillet): 478-489.
- Song B., Li H., Wu Y., Zhen W., Wang Z., Xia Z., et Guo Y. ; 2017. *Animal Feed Science and Technology* 232 (octobre): 6-15.
- Sunkara L.T. ; 2011. Thèse de doctorat.
- Wu Y., Zhou Y., Lu C., Ahmad H., Zhang H., He J., Zhang L., et Wang T. ; 2016. *PLoS ONE* 11 (4).
- Zheng L., Kelly C.J., Butyric acidttista K.D., Schaefer R., Lanis J.M., Alexeev E.E., Wang R.X., Onyiah J.C., Kominsky D.J., et Colgan S.P. ; 2017. *The Journal of Immunology* 199 (8): 2976-84.