

ЖИВОТНОВОДСТВО Animal breeding

DOI: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-466-480
УДК 619:579.22

Научная статья / Research article

Litter feed additive as source of amino acids and beneficial bacteria

Anna M. Stepanova, Nadezhda P. Tarabukina*, Marfa P. Scryabina,
Mikhail P. Neustroev, Svetlana I. Parnikova

Yakut Scientific Research Institute of Agriculture, Yakutsk, Russian Federation

*Corresponding author: hotubact@mail.ru

Abstract. Feed additive was derived from poultry manure by microbiological synthesis. After a 10-day feeding poultry with probiotic strains of bacteria *B. subtilis* TNP-3 and *B. subtilis* TNP-5, the litter does not contain potential enteropathogens and can be used as a raw material for feed additive. Based on the results of microbiological and biochemical studies the technology of feed additive (powder) with the use of extrusion was developed. Extrusion at a temperature of up to 120 °C for 5—6 seconds provides presence of beneficial bacteria and significantly high content of essential amino acids. According to the results of biochemical studies, litter feed additive contains 18 free amino acids. The total concentration of free amino acids in the feed additive (powder) is 406.3 mg/kg, which is 1.7 times higher than that in the litter without fermentation and extrusion. The experiments have shown that inclusion of 3.3% feed additive in the diet does not have negative effect on physiological state, viability and productivity of laying hens. Survival of birds in both groups was 100%. Additive application in the experimental group of chickens revealed absence of opportunistic pathogenic microorganisms and microscopic fungi, presence of bifidobacteria and spore-forming aerobic *Bacillus* bacteria in powder, as well as predominance of beneficial micro flora and lack of potential enteropathogens (compared to control). It allows to conclude that feed additive obtained by microbiological synthesis from bird droppings possess probiotic properties. The results of biochemical study of egg production indicate that the use of food additives (to 3.3% of the basic diet) for laying hens significantly increases content of major micro and macro-elements in eggs, compared to the control. Therefore, the use of feed additive-powder (up to 3.3% of the basic diet) does not reduce egg quality. Thus, based on the results of these studies, it can be concluded that the litter obtained from laying hens, after application of probiotic 'Nord-Bakt', further fermentation with strains *Bacillus subtilis* TNP-3 and *Bacillus subtilis* TNP-5, followed by extrusion can be used as a feed additive as a source of amino acids and beneficial bacteria.

Key words: laying hens, bird droppings, probiotics, strains of bacteria, *Bacillus subtilis* TNP-3, *Bacillus subtilis* TNP-5, extrusion, dust, free amino acids, beneficial microbiota, enteropathogens

© Степанова А.М., Тарабукина Н.П., Скрязина М.П., Неустроев М.П., Парникова С.И., 2019.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

FUNDING ACKNOWLEDGEMENTS

The research was funded from budgetary funds in the framework of the state task.

Article history:

Received: 25 February 2019. Accepted: 26 November 2019

For citation:

Stepanova AM, Tarabukina NP, Scryabina MP, Neustroev MP, Parnikova SI. Litter feed additive as source of amino acids and beneficial bacteria. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2019; 14(4):466—480. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-466-480

Кормовая добавка из помета — источник аминокислот и полезных бактерий

А.М. Степанова, Н.П. Тарабукина*, М.П. Скрыбина,
М.П. Неустроев, С.И. Парникова

ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»,
Якутский НИИ сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова,
Якутск, Российская Федерация
*hotubact@mail.ru

Аннотация. Из птичьего помета путем микробиологического синтеза получена кормовая добавка. Помет птиц после 10 дней выпаивания пробиотиком из штаммов *B. subtilis* ТНП-3 и *B. subtilis* ТНП-5 не содержит потенциальных энтеропатогенов и может быть использован в виде сырья для получения кормовой добавки. При разработке технологии кормовой добавки — пудрета с применением экструдирования основывались на результатах микробиологических и биохимических исследований. Экструдирование при температуре до 120 °С в течение 5—6 с обеспечивает содержание полезных бактерий и достоверно высокое содержание незаменимых аминокислот. По результатам биохимических исследований в кормовой добавке из помета содержится 18 свободных аминокислот. Общая концентрация свободных аминокислот в пудрете составляет 406,3 мг/кг, что 1,7 раза выше, чем в помете без ферментации и экструдирования. Как показали опыты, включение в рацион 3,3% кормовой добавки не оказывает отрицательного действия на физиологическое состояние, жизнеспособность и продуктивность кур-несушек. Сохранность птиц в обеих группах — 100%. Отсутствие условно-патогенных микроорганизмов, микроскопических грибов и присутствия бифидо- и спорообразующих аэробных бактерий рода *Bacillus* в пудрете, а также преобладание представителей полезной нормофлоры и отсутствие потенциальных энтеропатогенов у опытной группы кур после его применения (по сравнению с контролем) позволяют сделать заключение о пробиотических свойствах кормовой добавки, полученной путем микробиологического синтеза из птичьего помета. Результаты биохимического исследования яичной продукции свидетельствуют, что применение кормовой добавки (до 3,3%) от основного рациона кур-несушек достоверно повышает содержание основных микро- и макроэлементов в яйце, по сравнению с контролем. Следовательно, применение кормовой добавки — пудрета (до 3,3% от основного рациона) не снижает качество яичной продукции.

Доказано, что фекалии от птиц при использовании препарата «Норд-Бакт» и дальнейшей ферментации их сочетанием бактерий *B. subtilis* ТНП-3 и *B. subtilis* ТНП-5 после экструдирования могут быть применены в качестве кормовой добавки как источник аминокислот и полезных микроорганизмов.

Ключевые слова: куры-несушки, птичий помет, пробиотик, штаммы бактерий, *B. subtilis* ТНП-3, *B. subtilis* ТНП-5, экструдирование, пудрет, свободные аминокислоты, полезная микробиота, энтеропатогены

Благодарности. Финансирование. Научно-исследовательская работа финансировалась за счет бюджетных средств в рамках выполнения государственного задания.

История статьи:

Поступила в редакцию: 25 февраля 2019 г. Принята к публикации: 26 ноября 2019 г.

Для цитирования:

Степанова А.М., Тарабукина Н.П., Скрябина М.П., Неустроев М.П., Парникова С.И. Кормовая добавка из помета — источник аминокислот и полезных бактерий // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 4. С. 466—480. doi: 10.22363/2312-797X-2019-14-4-466-480

Introduction

Today, there are many poultry farms in the country, where chickens, geese, turkeys and other bird species are bred in large quantities. Poultry products are meat, eggs, down and feathers. At the same time, the amount of generated waste (bird droppings) can often exceed the volume of the main production, reaching hundreds of tons per year. Therefore, the task of developing safe and waste-free technologies for obtaining poultry products, including organic waste in poultry complexes is urgent [1]. There are several ways to utilize organic poultry waste: they can be used in crop production as fertilizers, raw materials for feed additives, biofuels, as well as an additive for obtaining clean water from wastewater. Feed additives from processed raw materials and animal waste are not inferior to many feeds in nutritional value [2]. In addition, with bird droppings, up to 30...35% of undigested feed is released. Depending on keeping and feeding conditions, bird droppings can serve as a source of nutrients or as an environmental pollution factor [3].

The aim of the study was to develop production of probiotic feed additives from bird droppings processed using *Bacillus subtilis* bacteria strains.

Materials and methods

The research work was carried out at Yakutsk Poultry Factory and microbial drug development laboratory of Physics and Technology Center of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences. Laying hens of Rodonit-3 cross from industrial herd of No. 18 workshop were studied. Raw poultry manure of chickens was used as material for obtaining a feed additive (powder) after a 10-day use of Nord-Bakt probiotic, 0.01 ml or 5×10^7 CFU per head, daily. For fermentation of fresh litter, Nord-Bakt was also used (equal combination of *B. subtilis* TNP-3 and *B. subtilis* TNP-5 bacterial strains containing 5×10^9 CFU/ml) at the rate of 1 ml per 100 g of litter and kept for 2 days at a temperature of 25...28 °C.

Then, to obtain powder, litter was treated in a thermal way: passed through Ekorm-1-1600.000 extruder. During the movement, the litter was heated and pressed at a temperature of 100...120 °C for 5—6 seconds, then cooled and crushed. For experiments on testing the obtained feed additive, laying hens at the age of 14 months in the amount of 24 animals were selected. An experimental group of laying hens received 3.3% of the powder from the main diet. The control group received the main diet without powder. The content was similar, corresponding to zootechnical standards, drinking was grooved with free access.

Microbiological studies of powdered samples and bird droppings were carried out for presence of bifidobacteria, enterococci, aerobic spore-forming bacteria, mesophilic aerobic facultative anaerobic microorganisms, enterobacteria, staphylococci, microscopic fungi according to the accepted standards [4—7]. Biochemical studies of powder and eggs were carried out on NIR SCANNER model 4250 infrared analyzer. The data were processed using the Snedecor program, Microsoft Excel, and Student's statistical processing.

Results and discussion

In litter micro biota of the experimental bird groups after a 10-day watering with Nord-Bakt probiotic, only representatives of intestinal normobiosis (lacto- and bifidobacteria, enterococci, aerobic spore bacteria) were present, no pathogenic staphylococci, mold and toxigenic fungi were present, unlike litter of the control group of laying hens where the probiotic was not used.

The study results confirm the data obtained by A.M. Stepanova [8], when Nord-Bakt probiotic ensured microbiological survival of poultry waste.

High-temperature drying allows to effectively neutralizing the litter from opportunistic and pathogenic bacteria, while maintaining useful elements. Upon receipt of the powder, we proceeded from the results of microbiological and biochemical studies. Microbiological studies analyzed normoflora survival: bifidobacteria, enterococci, spore-forming aerobic bacteria and absence of pathogenic microorganisms. As the results (Table 1) showed, the absence of opportunistic microorganisms and microscopic fungi in the powder provided the extruder drying mode at 100...120 °C for 5—6 s.

Table 1

Number of microorganisms in litter feed additive, CFU/g

Type of microorganisms	Number of microorganisms, CFU/g	
	Before heat treatment	After heat treatment (extruder)
TMC	7×10^4	4.8×10^4
Spore bacteria (<i>Bacillus</i> sp.)	8×10^4	1.2×10^5
Lactobacillus (<i>Lactobacillus</i> sp.)		
10^1	1.9×10^5	—
10^3	1×10^2	—
10^6	—	—
Bifidobacteria (<i>Bifidum</i> sp.)		
10^1	+++	+++
10^3	+++	+
10^6	+++	—
Enterococci (<i>Enterococcus</i> sp)	1.7×10^5	3.2×10^3
Escherichia L+ (<i>Escherichia</i> sp)	9.2×10^4	—
Escherichia L– (<i>Escherichia</i> sp)	—	—
Staphylococci (<i>Staphylococcus</i> sp)	6×10^4	—
Yersinia (<i>Yersinia</i> sp)	—	—
Microscopic fungi	Yeasts	—

Designation. L+: Escherichia fermenting lactose; L–: Escherichia not fermenting lactose; –: lack of growth; +: single growth; +++: intensive growth.

Litter fermented with *B. subtilis* strains (1 ml or 5×10^9 CFU per 100 g) and dried for 2 days at 25...28 °C before applying heat treatment contained a significant amount of bifidobacteria, lactobacilli up to 1.9×10^5 CFU/g, enterococcus — 1.7×10^5 CFU/g, spore-forming bacteria — 8.0×10^4 CFU/g, lactose-positive *Escherichia* — 9.2×10^4 CFU/g, staphylococcus — 6.0×10^4 CFU/g, also sporadic yeasts.

The obtained feed additive (powder) after extrusion had sharply decreased TMC, bifidobacteria, enterococci; lactobacilli, lactose-positive *Escherichiae*, staphylococci and yeasts disappeared, and increased the number of spore-forming aerobe *Bacillus* bacteria (up to 1.2×10^5 CFU/g), which were the basis of Nord-Bakt probiotic, used to obtain powder from bird droppings. Preparations based on *B. subtilis* are known to withstand heat and granulation [9, 10].

According to the results of biochemical studies, litter feed additive contains 18 free amino acids (table 2). The total concentration of free amino acids in the powder is 406.3 mg/kg, which is 1.7 times higher than in the litter without fermentation and extrusion. Free amino acids, getting into the blood, are involved in protein synthesis. A mixture of amino acids, unbound free proteins in animal feed increases their immune biological status, activates metabolism, improves appetite, digestibility of food and resistance to various diseases [2, 11, 12].

The inclusion of 3.3% of the powder in the diet does not have a negative effect on physiological state, vitality and productivity of laying hens. The survival of birds in both groups was 100%.

Table 2

Amino acid analysis of litter and powder samples

Amino acid, mg/kg	Litter of chickens who took Nord-Bakt probiotic with water (0.01 ml per bird)	Litter after <i>B. subtilis</i> fermentation and drying for 2 days at 25...28 °C	Powder after heat treatment through Ekorm 1.1600.000 extruder	Proportion of the total number of amino acids in the feed additive, %
Aspartic acid	22.1 ± 0.1	27.5 ± 1.1	45.1 ± 0.3***	9.1
Threonine	11.9 ± 0.1	14.8 ± 0.6	24.4 ± 0.2***	6.0
Serine	10.9 ± 0.1	13.1 ± 0.4	20.3 ± 0.1***	4.9
Glutamic acid	29.4 ± 0.1	35.0 ± 1.1	53.4 ± 0.3***	13.1
Proline	9.9 ± 0.1	11.8 ± 0.4	17.8 ± 0.1***	4.4
Glycine	13.2 ± 0.1	15.7 ± 0.5	23.7 ± 0.1***	5.8
Alanine	19.2 ± 0.1	21.0 ± 0.3	26.6 ± 0.1***	6.5
Cysteine	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.0	1.0 ± 0.0***	0.3
Valine	15.3 ± 0.1	18.5 ± 0.7	28.8 ± 0.2***	7.0
Methionine	6.0 ± 0.1	7.3 ± 0.2	12.2 ± 0.1***	3.0
Isoleucine	13.7 ± 0.1	16.7 ± 0.6	26.6 ± 0.2***	6.5
Leucine	22.3 ± 0.1	25.1 ± 0.6	34.3 ± 0.2***	8.4
Tyrosine	11.7 ± 0.1	12.9 ± 0.3	16.9 ± 0.22***	4.2
Phenylalanine	13.4 ± 0.1	14.9 ± 0.3	19.8 ± 0.1***	4.9
Ornithine	0.6 ± 0.1	0.7 ± 0.1	0.9 ± 0.1***	0.2
Lysine	17.2 ± 0.1	19.1 ± 0.4	25.3 ± 0.1***	6.2
Histidine	5.5 ± 0.1	6.6 ± 0.2	10.2 ± 0.1***	2.5
Arginine	—	16.0 ± 0.2	19.0 ± 0.1***	4.7

Note. *** $P > 0.001$.

Table 3

Microflora of litter after feed additive application

Microorganisms	The number of microorganisms, CFU/g	
	Experimental group	Control group
TMC	1.2 ± 10^5	1.2 ± 10^5
Spore bacteria (<i>Bacillus</i> sp.)	2.0 ± 10^5	4.3 ± 10^5
Lactobacillus (<i>Lactobacillus</i> sp.)	4.5 ± 10^5	1.2 ± 10^5
Bifidobacteria (<i>Bifidum</i> sp.)		
10^1	+++	++
10^3	++	+
10^6	+	—
Enterococci (<i>Enterococcus</i> sp)	8.2 ± 10^4	5.5 ± 10^4
Escherichia L+ (<i>Escherichia</i> sp)	9 ± 10^4	5.1 ± 10^3
Escherichia L- (<i>Escherichia</i> sp)	—	1.4 ± 10^3
Staphylococci (<i>Staphylococcus</i> sp)	9.1 ± 10^4	1.6 ± 10^5
Yersinia (<i>Yersinia</i> sp)	—	—
Microscopic fungi	—	—

Designation. L+: Escherichia fermenting lactose; L-: Escherichia not fermenting lactose; -: lack of growth; +: single growth; +++: intensive growth.

Table 4

Biochemical characteristics of chicken eggs after feeding with powder

Elements	Experimental group		Control group	
	Yolk	White	Yolk	White
Water, %	$7.8 \pm 0.1^*$	$14.9 \pm 0.1^*$	7.6 ± 0.1	14.5 ± 0.3
Protein, %	$38.4 \pm 0.1^*$	$81.3 \pm 0.4^*$	38.1 ± 0.2	79.9 ± 0.8
Fat, %	$55.7 \pm 0.1^*$	$5.4 \pm 0.2^*$	55.6 ± 0.2	4.9 ± 0.3
Carbohydrate, %	$8.5 \pm 0.1^{**}$	$9.6 \pm 0.1^*$	8.2 ± 0.1	9.2 ± 0.3
Ash, %	$26.9 \pm 17.2^*$	$8.3 \pm 0.1^*$	6.7 ± 0.1	7.9 ± 0.3
Sodium, mg %	$171.6 \pm 1.4^*$	$1071.0 \pm 7.3^*$	168.3 ± 1.5	1048.9 ± 14.0
Potassium, mg %	189.9 ± 1.4	$2.2 \pm 0.01^*$	186.7 ± 1.4	2.1 ± 0.1
Calcium, mg %	$277.2 \pm 0.4^*$	$79.3 \pm 0.4^*$	276.3 ± 0.3	77.9 ± 0.8
Magnesium, mg %	$34.9 \pm 0.2^*$	$87.5 \pm 0.4^*$	34.4 ± 0.2	86.4 ± 0.7
Phosphorus, g/100 g	1.2 ± 0.01	$248.7 \pm 2.3^{**}$	1.2 ± 0.01	241.6 ± 4.5
Iron, mg %	29.6 ± 0.3	$11.7 \pm 0.2^*$	29.0 ± 0.3	11.0 ± 0.4
Vitamin A, mg %	2.6 ± 0.01	—	2.6 ± 0.01	—
Vitamin B1, mg %	0.5 ± 0.01	—	0.5 ± 0.01	—
Vitamin B2, mg %	$0.8 \pm 0.01^*$	6.7 ± 0.1	0.8 ± 0.01	6.3 ± 0.2

Note. * $P < 0.05$; ** $P > 0.05$.

Despite the absence and small number of beneficial microflora in the powder, chickens of the experimental group (Table 3) showed a higher content of lacto- and bifidobacteria in the intestinal microbiota, and the absence of lactose-negative escherichia compared to the control chickens, which received the full main feed ration without feed additives. The absence of opportunistic microorganisms, microscopic fungi, the presence of bifidobacteria and *Bacillus* spore-forming aerobic bacteria in the powder, predominance of beneficial normoflora and the absence of potential enteropathogens in the experimental group of chickens after its use (compared with the control) result in probiotic properties of the feed additive obtained by microbiological synthesis from bird droppings. The data obtained are consistent with the results of studies on the use of feed additives based on *B. subtilis*, *Bac. licheniformis* [13—18].

The results of egg biochemical study (Table 4) indicate that the use of powder (up to 3.3% of the main ration for laying hens) significantly increases content of main

micro- and macro-elements in eggs, compared with the control. At the same time, egg quality does not decrease. Thus, the litter obtained by litter extrusion after watering with the Nord-Bakt probiotic and subsequent fermentation with *B. subtilis* TNP-3 and *B. subtilis* TNP-5 is promising as a feed additive containing amino acids and beneficial microorganisms.

Conclusions

1. The drying mode for litter feed additive with an extruder at 100...120 °C for 5—6 s ensures destruction of opportunistic pathogenic microorganisms and microscopic fungi.

2. TMC sharply decreased in powder after extrusion, the number of bifidobacteria, enterococci, lactobacilli, lactose-positive escherichia, staphylococcus, and yeast completely disappeared, but the number of spore-forming aerobic *Bacillus* bacteria increased (1.2×10^5 CFU/g), which are the basis of Nord-Bakt probiotic used to obtain powder from birds litter.

3. The litter contains 18 free amino acids. The total concentration of free amino acids in the powder was 406.3 mg/kg, which was 1.7 times higher than in the litter without fermentation and extrusion.

4. The inclusion of 3.3% of the feed additive in the bird ration did not adversely affect the physiological state, viability and productivity of laying hens, significantly increased the content of the main micro and macro elements in the egg.

5. The powder obtained by extruding bird droppings after watering with the Nord-Bakt probiotic and fermenting with *B. subtilis* TNP-3 and *B. subtilis* TNP-5 strains can be added as a source of amino acids and useful bacteria to the ration of laying hens.

Введение

На сегодняшний день в стране существует множество птицефабрик, где в больших количествах разводят кур, гусей, индеек и другие виды птиц. Продукты производства птицефабрик — мясо, яйца, перо и пух. При этом нередко количество образующихся отходов (а именно птичьего помета) может превышать объем основной продукции, достигая сотен тонн в год, в связи с чем актуальна задача разработки безопасных и безотходных технологий получения продукции птицеводства, включающих органические отходы в птицеводческих комплексах [1]. Существует несколько способов утилизации органических отходов птицеводства: использование их в растениеводстве как удобрений, сырья для получения кормовых добавок, получение биотоплива, а также чистой воды из сточных вод. Кормовые добавки из переработанного сырья и отходов животноводства не уступают многим кормам по питательной ценности [2]. Кроме того, с пометом птиц выходит до 30...35% не переваренного корма. В зависимости от условий содержания и кормления птицы птичий помет может служить источником полезных веществ или фактором загрязнения природной среды [3].

Цель исследования — разработка производства пробиотической кормовой добавки из птичьего помета, переработанного с применением штаммов бактерий *Bacillus subtilis*.

Материалы и методы

Научно-исследовательская работа проведена в ОАО «Якутская птицефабрика» на курах-несушках кросса «Родонит-3» промышленного стада в цехе № 18 и лаборатории по разработке микробных препаратов ФГБУН ФИЦ «ЯНЦ СО РАН» ЯНИИСХ. В качестве сырья для получения кормовой добавки (пудрета) использовали сырой птичий помет кур после 10-дневного применения пробиотика «Норд-Бакт» по 0,01 мл или 5×10^7 КОЕ на 1 голову, ежедневно. Для ферментации свежеполученного помета использовали также препарат «Норд-Бакт» (представляющий равное сочетание штаммов бактерий *B. subtilis* ТНП-3 и *B. subtilis* ТНП-5 и содержащий 5×10^9 КОЕ/мл) из расчета 1 мл на 100 г помета и выдерживали в течение 2 дней при температуре 25...28 °С.

Затем для получения пудрета обработали помет термическим способом: пропустили через экструдер марки «Экорм-1-1600.000», при движении помет подвергался разогреву и прессованию при температуре 100...120 °С в течение 5—6 с, затем охлаждению и измельчению. Для опытов по испытанию полученной кормовой добавки отобраны куры-несушки в возрасте 14 месяцев в количестве 24 голов. Опытная группа кур-несушек получала 3,3% пудрета от основного рациона. Контрольная группа получала основной рацион без пудрета. Содержание аналогичное, соответствующее зоотехническим нормам, поение желобковое, доступ свободный.

Микробиологические исследования проб пудрета, помета птиц проведены на наличие бифидо-лактобактерий, энтерококков, аэробных спорообразующих бактерий, также на содержание мезофильных аэробных факультативно-анаэробных микроорганизмов, энтеробактерий, стафилококков, микроскопических грибов, по общепринятым методикам [4—7]. Биохимические исследования пудрета и яиц проведены на инфракрасном анализаторе ИКА NIR SCANNER model 4250. Обработку полученных данных проводили с использованием программы Snedecor, Microsoft Excel и также использовали статистическую обработку по Стьюденту.

Результаты и обсуждения

В микробиоте помета опытных групп птиц после 10-дневного поения пробиотиком «Норд-Бакт» присутствует только представители нормобиоза кишечника (лакто- и бифидобактерии, энтерококки, аэробные споровые бактерии), не содержатся патогенные стафилококки, плесневые и токсигенные грибы в отличие от помета контрольной группы кур-несушек, у которых не применялся препарат.

Результаты исследований подтверждают данные, полученные А.М. Степановой [8], о том, что применение пробиотика «Норд-Бакт» обеспечивает микробиологическую безопасность отходов птицеводства.

Высокотемпературная сушка позволяет эффективно обезвредить помет от условно-патогенных и патогенных бактерий, сохраняя при этом полезные элементы. При получении пудрета исходили из результатов микробиологических и биохимических исследований. При микробиологическом исследовании учитывали сохранность представителей нормофлоры: бифидо-лактобактерии, энтерококки, спорообразующие аэробные бактерии и отсутствие патогенных микроорганизмов. Как показали результаты исследований (табл. 1), отсутствие условно-патогенных микроорганизмов и микроскопических грибов в пудрете обеспечивает режим сушки экструдером при температуре 100...120 °С в течение 5—6 с.

Таблица 1

Количество микроорганизмов в кормовой добавке из помета птиц, КОЕ/г

Названия микроорганизмов	Количество микроорганизмов, КОЕ/г	
	до термической обработки	после термической обработки (экструдер)
КМАФАнМ	7 ± 10^4	$4,8 \pm 10^4$
Споровые бактерии (<i>Bacillus sp.</i>)	8 ± 10^4	$1,2 \pm 10^5$
Лактобактерии (<i>Lactobacillus sp.</i>)		
10^1	$1,9 \pm 10^5$	–
10^3	1 ± 10^2	–
10^6	–	–
Бифидобактерии (<i>Bifidum sp.</i>)		
10^1	+++	+++
10^3	+++	+
10^6	+++	–
Энтерококки (<i>Enterococcus sp.</i>)	$1,7 \pm 10^5$	$3,2 \pm 10^3$
Эшерихии Л+ (<i>Escherichia sp.</i>)	$9,2 \pm 10^4$	–
Эшерихии Л– (<i>Escherichia sp.</i>)	–	–
Стафилококки (<i>Staphylococcus sp.</i>)	6 ± 10^4	–
Иерсинии (<i>Yersinia sp.</i>)	–	–
Микроск. грибы	Дрожжи	–

Обозначения. Л+ — эшерихии, ферментирующие лактозу; Л– — эшерихии, не ферментирующие лактозу; – — отсутствие роста; + — единичный рост; +++ — интенсивный рост.

Помет, ферментированный штаммами бактерий *B. subtilis* (из расчета 1 мл или 5×10^9 КОЕ на 100 г) и высушенный в течение 2 дней при температуре 25...28 °С до применения термической обработки, содержит значительное количество бифидобактерий, лактобактерий до $1,9 \times 10^5$ КОЕ/г, энтерококков — $1,7 \times 10^5$ КОЕ/г, спорообразующих бактерий — $8,0 \times 10^4$ КОЕ/г, лактозоположительных эшерихий — $9,2 \times 10^4$ КОЕ/г, стафилококков — $6,0 \times 10^4$ КОЕ/г, также единичные дрожжи.

В полученной кормовой добавке (пудрете) после экструдирования резко сократилось КМАФАнМ, количество бифидобактерий, энтерококков (примерно на 2 порядка), исчезли лактобактерии, лактозоположительные эшерихии, стафилококки, дрожжи, и в тоже время не только сохранилось, но и увеличилось число спорообразующих аэробных бактерий рода *Bacillus* (до $1,2 \times 10^5$ КОЕ/г), которые являются основой пробиотика «Норд-Бакт», использованного при получении пудрета из птичьего помета. Как известно, препараты на основе *B. subtilis* выдерживают нагревание и гранулирование [9, 10].

По результатам биохимических исследований в кормовой добавке из помета содержится 18 свободных аминокислот (табл. 2). Общая концентрация свободных аминокислот в пудрете составляет 406,3 мг/кг, что 1,7 раза выше, чем в помете без ферментации и экструдирования. Свободные аминокислоты, попадая в кровь, участвуют в синтезе белков. Смесь аминокислот, несвязанных свободных белков в составе комбикормов животных повышают их иммунобиологический статус, активизируют обмен веществ, улучшают аппетит, переваримость кормов и сопротивляемость к различным заболеваниям [2, 11, 12].

Аминокислотный анализ образцов помета и пудрета

Аминокислота, мг/кг	Помет кур, принимавших пробиотик «Норд-Бакт» с водой в дозе из расчета 0,01 мл на 1 гол.	Помет после ферментации штаммами <i>B. subtilis</i> и сушки в течение 2 дней при температуре 25...28 °С	Пудрет после термической обработки через экструдер «Эжорм 1.1600.000»	Доля от общего количества аминокислот в кормовой добавке, %
Аспарагиновая кислота	22,1 ± 0,1	27,5 ± 1,1	45,1 ± 0,3***	9,1
Треонин	11,9 ± 0,1	14,8 ± 0,6	24,4 ± 0,2***	6,0
Серин	10,9 ± 0,1	13,1 ± 0,4	20,3 ± 0,1***	4,9
Глутаминовая кислота	29,4 ± 0,1	35,0 ± 1,1	53,4 ± 0,3***	13,1
Пролин	9,9 ± 0,1	11,8 ± 0,4	17,8 ± 0,1***	4,4
Глицин	13,2 ± 0,1	15,7 ± 0,5	23,7 ± 0,1***	5,8
Аланин	19,2 ± 0,1	21,0 ± 0,3	26,6 ± 0,1***	6,5
Цистеин	0,4 ± 0,1	0,5 ± 0,0	1,0 ± 0,0***	0,3
Валин	15,3 ± 0,1	18,5 ± 0,7	28,8 ± 0,2***	7,0
Метионин	6,0 ± 0,1	7,3 ± 0,2	12,2 ± 0,1***	3,0
Изолейцин	13,7 ± 0,1	16,7 ± 0,6	26,6 ± 0,2***	6,5
Лейцин	22,3 ± 0,1	25,1 ± 0,6	34,3 ± 0,2***	8,4
Тирозин	11,7 ± 0,1	12,9 ± 0,3	16,9 ± 0,22***	4,2
Фенилаланин	13,4 ± 0,1	14,9 ± 0,3	19,8 ± 0,1***	4,9
Орнитин	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0,1	0,9 ± 0,1***	0,2
Лизин	17,2 ± 0,1	19,1 ± 0,4	25,3 ± 0,1***	6,2
Гистидин	5,5 ± 0,1	6,6 ± 0,2	10,2 ± 0,1***	2,5
Аргинин	—	16,0 ± 0,2	19,0 ± 0,1***	4,7

Примечание. *** $P > 0,001$.

Включение в рацион 3,3% пудрета не оказывает отрицательного действия на физиологическое состояние, жизнеспособность и продуктивность кур-несушек. Сохранность птиц в обеих группах 100%.

Несмотря на отсутствие и малое количество представителей полезной микрофлоры в пудрете, у кур опытной группы (табл. 3) в микробиоте кишечника отмечено более высокое содержание лакто- и бифидобактерий, отсутствие лактозоотрицательных эшерихий в отличие от кур контрольной группы, получавших полный основной рацион комбикорма без кормовой добавки. Отсутствие условно-патогенных микроорганизмов, микроскопических грибов, присутствие бифидо- и спорообразующих аэробных бактерий рода *Bacillus* в пудрете, преобладание представителей полезной нормофлоры и отсутствие потенциальных энтеропатогенов у опытной группы кур после его применения (по сравнению с контролем) обуславливают пробиотические свойства кормовой добавки, полученной путем микробиологического синтеза из птичьего помета. Полученные данные согласуются с результатами исследований по применению кормовых добавок на основе штаммов бактерий *B. subtilis*, *Bac. licheniformis* [13—18].

Таблица 3

Микрофлора помета птиц после применения кормовой добавки

Микроорганизмы	Количество микроорганизмов в фекалиях, КОЕ/г	
	Опытная группа	Контрольная группа
КМАФАнМ	$1,2 \pm 10^5$	$1,2 \pm 10^5$
Споровые бактерии (<i>Bacillus sp.</i>)	$2,0 \pm 10^5$	$4,3 \pm 10^5$
Лактобактерии (<i>Lactobacillus sp.</i>) 10^1	$4,5 \pm 10^5$	$1,2 \pm 10^5$
Бифидобактерии (<i>Bifidum sp.</i>) 10^1	+++	++
10^3	++	+
10^6	+	—
Энтерококки (<i>Enterococcus sp.</i>)	$8,2 \pm 10^4$	$5,5 \pm 10^4$
Эшерихии Л+ (<i>Escherichia sp.</i>)	9 ± 10^4	$5,1 \pm 10^3$
Эшерихии Л- (<i>Escherichia sp.</i>)	—	$1,4 \pm 10^3$
Стафилококки непатогенные (<i>Staphylococcus sp.</i>)	$9,1 \pm 10^4$	$1,6 \pm 10^5$
Иерсинии (<i>Yersinia sp.</i>)	—	—
Микроск. грибы	—	—

Примечание. Л+ — эшерихии, ферментирующие лактозу; Л- — эшерихии, не ферментирующие лактозу; — — отсутствие роста; + — единичный рост; +++ — интенсивный рост.

Таблица 4

Результаты биохимических исследований яиц кур после скармливания пудрета

Элементы	Опытная группа		Контрольная группа	
	Желток	Белок	Желток	Белок
Вода, %	$7,8 \pm 0,1^*$	$14,9 \pm 0,1^*$	$7,6 \pm 0,1$	$14,5 \pm 0,3$
Белок, %	$38,4 \pm 0,1^*$	$81,3 \pm 0,4^*$	$38,1 \pm 0,2$	$79,9 \pm 0,8$
Жир, %	$55,7 \pm 0,1^*$	$5,4 \pm 0,2^*$	$55,6 \pm 0,2$	$4,9 \pm 0,3$
Углеводы, %	$8,5 \pm 0,1^{**}$	$9,6 \pm 0,1^*$	$8,2 \pm 0,1$	$9,2 \pm 0,3$
Зола, %	$26,9 \pm 17,2^*$	$8,3 \pm 0,1^*$	$6,7 \pm 0,1$	$7,9 \pm 0,3$
Натрий, мг %	$171,6 \pm 1,4^*$	$1\ 071,0 \pm 7,3^*$	$168,3 \pm 1,5$	$1\ 048,9 \pm 14,0$
Калий, мг %	$189,9 \pm 1,4$	$2,2 \pm 0,01^*$	$186,7 \pm 1,4$	$2,1 \pm 0,1$
Кальций, мг %	$277,2 \pm 0,4^*$	$79,3 \pm 0,4^*$	$276,3 \pm 0,3$	$77,9 \pm 0,8$
Магний, мг %	$34,9 \pm 0,2^*$	$87,5 \pm 0,4^*$	$34,4 \pm 0,2$	$86,4 \pm 0,7$
Фосфор, г/100 г	$1,2 \pm 0,01$	$248,7 \pm 2,3^{**}$	$1,2 \pm 0,01$	$241,6 \pm 4,5$
Железо, мг %	$29,6 \pm 0,3$	$11,7 \pm 0,2^*$	$29,0 \pm 0,3$	$11,0 \pm 0,4$
Витамин А, мг %	$2,6 \pm 0,01$	—	$2,6 \pm 0,01$	—
Витамин В ₁ , мг %	$0,5 \pm 0,01$	—	$0,5 \pm 0,01$	—
Витамин В ₂ , мг %	$0,8 \pm 0,01^*$	$6,7 \pm 0,1$	$0,8 \pm 0,01$	$6,3 \pm 0,2$

Примечание. * $P < 0,05$; ** $P > 0,05$.

Результаты биохимического исследования яичной продукции (табл. 4) свидетельствуют, что применение пудрета (до 3,3% от основного рациона кур-несушек) достоверно повышает содержание основных микро- и макроэлементов в яйце, по сравнению с контролем. При этом не снижается качество яичной продукции. Таким образом, подтверждается полученный путем экструдирования помета птиц после поения пробиотиком «Норд-Бакт» и последующей ферментации суспензией штаммов *B. subtilis* ТНП-3 и *B. subtilis* ТНП-5 перспективен в качестве кормовой добавки как источник аминокислот и полезных микроорганизмов.

Выводы

1. Режим сушки кормовой добавки из помета птиц экструдером при температуре 100...120 °С в течение 5—6 с обеспечивает уничтожение условно-патогенных микроорганизмов и микроскопических грибов.

2. В пудрете после экструдирования резко сократилось КМАФАнМ, количество бифидобактерий, энтерококков (примерно на 2 порядка), совершенно исчезли лактобактерии, лактозоположительные эшерихии, стафилококки, дрожжи, однако увеличилось число спорообразующих аэробных бактерий рода *Bacillus* (до $1,2 \times 10^5$ КОЕ/г), которые являются основой пробиотика «Норд-Бакт», использованным при получении пудрета из птичьего помета.

3. В кормовой добавке из помета содержится 18 свободных аминокислот. Общая концентрация свободных аминокислот в пудрете составила 406,3 мг/кг, что 1,7 раза выше, чем в помете без ферментации и экструдирования.

4. Включение в рацион птиц 3,3% кормовой добавки не оказывало отрицательного действия на физиологическое состояние, жизнеспособность и продуктивность кур-несушек, достоверно повысило содержание основных микро- и макроэлементов в яйце.

5. Пудрет, полученный экструдированием помета птиц после поения пробиотиком «Норд-Бакт» и дальнейшей его ферментацией суспензией штаммов *B. subtilis* ТНП-3 и *B. subtilis* ТНП-5, может как кормовая добавка добавляться в рацион кур-несушек в качестве источника аминокислот и полезных бактерий.

References

1. Kasil I, Ter-Sarkisyan E. The poultry's dung is a source of growth promoters. *Kombikorma*. 2007; (8):83—84. (In Russ).
2. Bolotina EN. Extruded feeds use for pigs fattening. *Bulletin Samara state agricultural academy*. 2014; (1):118—122. (In Russ).
3. Garzanov A, Dorofeeva O, Kapustin C. Extruded feed from biowaste. *Kombikorma*. 2011; (8):47—48. (In Russ).
4. Artemieva SA, Artemieva TN, Dmitrieva AI, Dorutina VV. *Mikrobiologicheskii kontrol' myasa zhivotnykh, ptitsy, yaits i produktov ikh pererabotki: spravochnik* [Microbiological control of animal meat, poultry, eggs and their products: handbook. Moscow: KolosS Publ.; 2002. (In Russ).
5. Sidorov MA, Skorodumov DI, Fedotov VB. *Opredelitel' zoopatogennykh mikroorganizmov: spravochnik* [Determinant of zoonotic microorganisms: a guide]. Moscow: Kolos Publ.; 1995. (In Russ).
6. Berkeley R, Bock E, Boone D, Brenner D. *Opredelitel' bakterii Berdzhii: Spravochnik: v 2 t.* [The determinant of bacteria Bergey: a guide: in 2 volumes]. Vol. 1. 9th ed. Moscow: Mir Publ.; 1997. (In Russ).
7. Cherepneva IE. *Sovremennye metody issledovaniya mikroorganizmov* [Modern methods for study of microorganisms]. Kazan: KSU Publ.; 1998. (In Russ).
8. Stepanova AM. *Tekhnologiya primeneniya probiotika iz shtammov bakterii B. subtilis TNP-3 i B. subtilis TNP-5 v ptitsevodstve* [The technology of using a probiotic from *B. subtilis* TNP-3 and *B. subtilis* TNP-5 bacterial strains in poultry farming] [Dissertation] Yakutsk; 2011. (In Russ).
9. Gryazneva TN. *Tekhnologiya proizvodstva probiotika Biod-5 i ego lechebno-profilakticheskaya effektivnost' dlya raznykh vidov zhivotnykh* [The production technology of probiotic Biod-5 and its therapeutic and prophylactic efficacy for different types of animals] [Dissertation]. Moscow; 2005. (In Russ).

10. Tatarчук ОР. General properties of *Bacillus subtilis* CBS 117162 probiotic strain and feed additive thereof. *Veterinary medicine*. 2012; (4):20—22. (In Russ).
11. Dhama K, Verma V, Sawant PM, Tiwari R, Vaid RK, Chauhan RS. Applications of probiotics in poultry: enhancing immunity and beneficial effects on production performances and health. *Journal of Immunology and Immunopathology*. 2011; 13(1):1—19.
12. Park YH, Hamidon F, Rajangan C, Soh KP, Gan CY, Lim TS, Abdullah WN, Liong MT. Application of probiotics for the production of safe and high-quality poultry meat. *Korean J Food Sci Anim Resour*. 2016; 36(5): 567—576. doi: 10.5851/kosfa.2016.36.5.567
13. Malik EV, Kozak SS, Adamov AN. The use of probiotic additive ‘Biocorm Pioneer’ to increase microbiological safety of poultry products. In: *Novye mirovye tendentsii v proizvodstve produktov iz myasa ptitsy i yaits* [New global trends in the production of products from poultry meat and eggs]. Moscow: VNIIPP Publ.; 2006. p. 205—209. (In Russ).
14. Panin AN, Malik IN. Probiotics in rational feeding of animals. Probiotics, prebiotics, synbiotics and functional foods. *Klinicheskoe pitanie*. 2007; (1—2):59—60.
15. Samburov NV, Trubnikov DV, Popov VS, Babaskin RN. Probiotic feed additives in technology of cultivation weaned piglets. *Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*. 2017; (2):29—34. (In Russ).
16. Stepanova AM, Tarabukina NP, Neustroev MP, Neustroev DD, Parnikova SI, Fedorova MP. Feed additive obtained by micro-biological synthesis from poultry waste. *Trudy VIEV*. 2016; 79:289—296. (In Russ).
17. Fisinin VI, Egorov IA, Okolelova TM, Imangulov SA. *Nauchnye osnovy kormleniya sel'sko-khozyaistvennoi ptitsy* [Scientific principles of feeding poultry]. Sergiev Posad: VNITIP Publ.; 2009. (In Russ).
18. Nozdrin GA, Ivanova AB, Shevchenko AI, Shevchenko SA. *Probiotiki i mikronutrienty pri intensivnom vyrashchivanii tsyplyat krossa Smena* [Probiotics and micronutrients during intensive rearing of Smena chickens]. Novosibirsk: Ornament Publ.; 2009.

Библиографический список

1. Кисиль И., Тер-Саркисян Э. Птичий помет — источник стимуляторов роста // Комбикорма. 2007. № 8. С. 83—84.
2. Болотина Е.Н. Использование экструдированных кормов при откорме свиней // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 1. С. 118—122.
3. Гарзанов А., Дорофеева О., Капустин С. Экструдированные корма из биоотходов // Комбикорма. 2011. № 8. С. 47—48.
4. Артемьева С.А., Артемьева Т.Н., Дмитриева А.И., Дорутина В.В. Микробиологический контроль мяса животных, птицы, яиц и продуктов их переработки: справочник / под ред. Г.В. Быковская, Л.Л. Кожина. М.: КолосС, 2002. 287 с.
5. Сидоров М.А., Скородумов Д.И., Федотов В.Б. Определитель зоопатогенных микроорганизмов: справочник. М.: Колос, 1995. 107 с.
6. Беркли Р., Бок Э., Бун Дэвид, Бреннер Д. Определитель бактерий Берджи: Справочник: в 2 т. / под ред. Д. Хоулт, Н. Криг, П. Снит; пер. с англ. под ред., предисл. Г.А. Заварзин. 9-е изд. М.: Мир, 1997. Т. 1.
7. Современные методы исследования микроорганизмов / сост. И.Е. Черепнева; ред. И.Б. Лещинская. Казань: КГУ, 1998. 63 с.
8. Степанова А.М. Технология применения пробиотика из штаммов бактерий *B. subtilis* ТНП-3 и *B. subtilis* ТНП-5 в птицеводстве: автореф. ... канд. вет. наук. Якутск, 2011. 19 с.
9. Грязнева Т.Н. Технология производства пробиотика Биод-5 и его лечебно-профилактическая эффективность для разных видов животных: автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2005. 32 с.

10. *Татарчук О.П.* Характеристика пробиотического штамма *B. subtilis* CBS 117162 и кормовой добавки на его основе // *Ветеринария*. 2012. № 4. С. 20—22.
11. *Dhama K., Verma V., Sawant P.M., Tiwari R., Vaid R.K., Chauhan R.S.* Applications of Probiotics in Poultry: Enhancing Immunity and Beneficial Effects on production Performances and Health // *Journal of Immunology and Immunopathology*. 2011. Vol. 13. № 1. P. 1—19.
12. *Park Y.H., Hamidon F., Rajangan C., Soh K.P., Gan C.Y., Lim T.S., Abdullah W.N., Liong M.T.* Application of Probiotics for the Production of Safe and High-quality Poultry Meat // *Korean J Food Sci Anim Resour*. 2016. Vol. 36. № 5. P. 567—576. doi: 10.5851/kosfa.2016.36.5.567
13. *Малик Е.В., Козак С.С., Адамов А.Н.* Использование пробиотической добавки «Биокорм Пионер» для повышения микробиологической безопасности птицеводческой продукции // *Новые мировые тенденции в производстве продуктов из мяса птицы и яиц*. М.: ВНИИПП, 2006. С. 205—209.
14. *Панин А.Н., Малик И.Н.* Пробиотики в системе рационального кормления животных // *Клиническое питание*. 2007. № 1—2. С. 59—60.
15. *Самбуров Н.В., Трубников Д.В., Попов В.С., Бабаскин Р.Н.* Пробиотические кормовые добавки в технологии выращивания поросят-отъемышей // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017. № 2. С. 29—34.
16. *Степанова А.М., Тарабукина Н.П., Неустроев М.П., Неустроев Д.Д., Парникова С.И., Скрябина М.П.* Кормовая добавка, полученная путем микробиологического синтеза из отходов птицеводства // *Труды ВИЭВ*. 2016. Т. 79. С. 289—296.
17. *Фисинин В.И., Егоров И.А., Околелова Т.М., Имангулов Ш.А.* Научные основы кормления сельскохозяйственной птицы // *Переработанное и дополненное издание*. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2009. 352 с.
18. *Ноздрин Г.А., Иванова А.Б., Шевченко А.И., Шевченко С.А.* Пробиотики и микронутриенты при интенсивном выращивании цыплят кросса Смена. Новосибирск: Орнамент, 2009. 197 с.

About the authors:

Stepanova Anna Mikhailovna — Candidate of Veterinary Sciences, senior researcher, Laboratory for development of microbial preparations, Yakut Scientific Research Institute of Agriculture; 23/1, Bestuzheva-Marlinskogo st., Yakutsk, 677001, Russian Federation, e-mail: stepanova_anna1985@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1745-2611>

Tarabukina Nadezhda Petrovna — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of Laboratory for development of microbial preparations, Yakut Scientific Research Institute of Agriculture; 23/1, Bestuzheva-Marlinskogo st., Yakutsk, 677001, Russian Federation, e-mail: hotubact@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5493-8809>

Skryabina Marfa Pavlovna — Candidate of Veterinary Sciences, leading research associate, Laboratory for development of microbial preparations, Yakut Scientific Research Institute of Agriculture; 23/1, Bestuzheva-Marlinskogo st., Yakutsk, 677001, Russian Federation, e-mail: hotubact@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4306-5958>

Neustroev Mikhail Petrovich — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of Laboratory of veterinary biotechnology, Yakut Scientific Research Institute of Agriculture; 23/1, Bestuzheva-Marlinskogo st., Yakutsk, 677001, Russian Federation, e-mail: mneyc@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0672-4109>

Parnikova Svetlana Ivanovna — candidate of veterinary sciences, senior researcher, Laboratory for development of microbial preparations, Yakut Scientific Research Institute of Agriculture; 23/1, Bestuzheva-Marlinskogo st., Yakutsk, 677001, Russian Federation, e-mail: hotubact@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0808-3627>

Об авторах:

Степанова Анна Михайловна — кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории по разработке микробных препаратов, Якутский НИИ сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова, ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»; Российская Федерация, 677001, г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, д. 23/1; e-mail: stepanova_anna1985@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-1745-2611>

Тарабукина Надежда Петровна — доктор ветеринарных наук, профессор, зав. лаборатории по разработке микробных препаратов, Якутский НИИ сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова, ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»; Российская Федерация, 677001, Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, д. 23/1; e-mail: hotubact@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5493-8809>

Скрябина Марфа Павловна — кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории по разработке микробных препаратов, Якутский НИИ сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова, ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»; Российская Федерация, 677001, Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, д. 23/1; e-mail: hotubact@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-4306-5958>

Неустроев Михаил Петрович — доктор ветеринарных наук, профессор, зав. лаборатории ветеринарной биотехнологии, Якутский НИИ сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова, ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»; Российская Федерация, 677001, Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, д. 23/1; e-mail: mneuc@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0003-0672-4109>

Парникова Светлана Ивановна — кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, лаборатории по разработке микробных препаратов Якутский НИИ сельского хозяйства имени М.Г. Сафронова, ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН»; Российская Федерация, 677001, Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, д. 23/1; e-mail: hotubact@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-0808-3627>