

DOI 10.25741/2413-287X-2018-12-2-035
УДК 636.085.552

ПРОИЗВОДСТВО КОМБИКОРМА С СИНЕ-ЗЕЛЕНЫМИ МИКРОВОДОРОСЛЯМИ

А. ШЕВЦОВ, А. ДРАННИКОВ, доктора техн. наук, **Н. СИТНИКОВ, А. ПОНОМАРЁВ**, кандидаты техн. наук,
ФГБОУ ВПО ВГУИТ
E-mail: drannikov@list.ru

Разработана технологическая линия ввода суспензии сине-зеленых микроводорослей в комбикорма для различных видов животных, птицы и рыбы, включающая имеющееся оборудование. Проведены производственные испытания предложенных технологических и технических решений. Комбикорм, содержащий микроводоросль, обладает повышенной питательной и биологической ценностью.

Ключевые слова: комбикорм, сине-зеленые микроводоросли, кормовая добавка, технологическая линия, суспензия.

Использование суспензии сине-зеленых микроводорослей (в частности, *Chlorella* и *Spirulina*) в производстве комбикормов для различных видов животных, птицы и рыбы определяется уникальным их составом и свойствами — они богаты аминокислотами, витаминами, ферментами и другими биологически активными веществами. Действие микроводорослей основано на естественном сочетании природных стимулирующих и биологически активных веществ, выделяемых в культуральную среду (суспензию), — экзометаболитов.

Благодаря скармливанию кормов с микроводорослями усиливается сопротивляемость организма животных, птицы и рыбы неблагоприятным условиям среды, укрепляется иммунитет, повышается плодовитость взрослых особей и выживаемость молодняка. При этом потребление в качестве кормовой добавки природного компонента позволяет избежать побочных эффектов, вызываемых синтетическими препаратами, в том числе витаминами и антибиотиками.

Типовой способ производства комбикормов не предусматривает ввод биологически активных веществ, имеющих в своем составе «живые» клетки, — они вводятся только в составе премиксов. Кроме того, при этом способе не применяется влажное гранулирование, которое позволяет снизить крошимость гранул.

Для производства комбикорма с повышенной питательной и биологической ценностью была разработана линия с вводом суспензии сине-зеленых микроводорослей.

A processing train was designed for the introduction of suspension of blue-green microalgae into the compound feeds for animals, poultry, and fish with the use of already available equipment. The performance tests were conducted for the technical and technological decisions developed. Supplementation with this additive improves nutritive and biological values of the compound feeds.

Keywords: compound feed, blue-green microalgae, feed additive, processing train, suspension.

С целью увеличения концентрации полезных веществ используется центрифугирование полученной после фотобиореакторов суспензии и ее двухстадийный ввод в комбикорм (в смеситель и пресс-гранулятор). На данной поточной технологической линии применяется сухое и влажное гранулирование.

Технология производства

Зерновое сырье, требующее измельчения (пшеница, ячмень, овес, рожь и др.), из бункеров 1 при помощи шнековых питателей 2 подают на взвешивание в бункерные весы 3 и далее по потоку 0.1.1 в магнитную колонку 4. После отделения металломагнитных примесей сырье подвергают фракционированию в односитовой просеивающей машине 5 с получением мелкой и крупной фракций. Крупную фракцию по потоку 0.1.3 направляют на доизмельчение в дробилку 6, а затем по потоку 0.1.5 соединяют с мелкой фракцией, которую по потоку 0.1.4 подают в надсмесительный бункер 33.

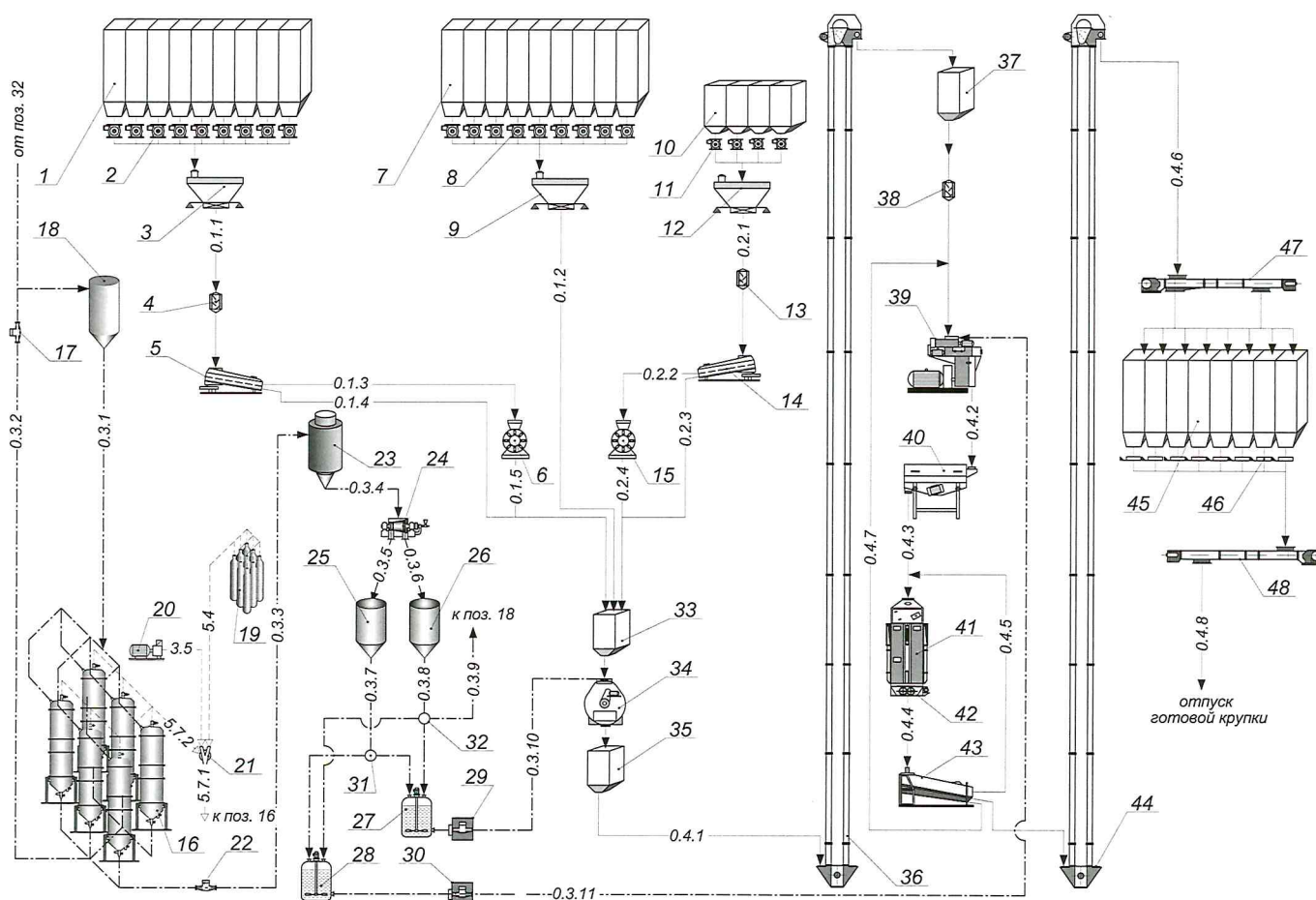
Зерновое сырье, не требующее измельчения (мучка, отруби и др.), из бункеров 7 посредством шнековых питателей 8 поступает на взвешивание в бункерные весы 9 и далее по потоку 0.1.2 в надсмесительный бункер 33.

Белковое и минеральное сырье из бункеров 10 шнековыми питателями 11 направляют на взвешивание в бункерные весы 12 и далее по потоку 0.2.1 — на очистку в магнитную колонку 13. Затем сырье фракционируют в односитовой просеивающей машине 14 с получением

мелкой и крупной фракций. Крупную направляют по потоку 0.2.2 на доизмельчение в дробилку 15, а после по потоку 0.2.4 в надсмесительный бункер 33, куда по потоку 0.2.3 поступает и мелкая фракция.

Подготовка суспензии сине-зеленых микроводорослей к вводу в комбикорм производится на участках культивирования и центрифугирования. Смесь инокулята и питательной среды из бункера 18 с помощью циркуляционного насоса 17 направляют по потоку 0.3.1 в батарею фотобиореакторов 16. В них суспензия насыщается смесью

углекислого газа (батареи углекислотных баллонов 19) и воздуха, подводимого компрессором 20. Смешиваются они в газовом смесителе 21 до концентрации углекислого газа 5–7%. Исходную суспензию культивируют в режиме рециркуляции по потоку 0.3.2 до достижения значения оптической плотности 0,73–0,91 для светофильтра с длиной волны D_{750} . Для ее обеспечения используют циркуляционный насос 17. Готовую суспензию по потоку 0.3.3 насосом 22 подают в темперирующий бункер 23, который поддерживает температуру в интервале 28–34°C.



Линия производства комбикорма с использованием суспензии сине-зеленых микроводорослей:

- 1 — бункера для зернового сырья, требующего измельчения; 2, 8, 11, 46 — шнековые питатели;
 3, 9, 12 — бункерные весы; 4, 13, 38 — магнитная колонка; 5, 14 — односитовая просеивающая машина;
 6, 15 — молотковая дробилка; 7 — бункера для зернового сырья, не требующего измельчения;
 10 — бункера для белково-минерального сырья; 16 — батарея фотобиореакторов для культивирования суспензии сине-зеленых микроводорослей; 17 — циркуляционный насос; 18 — бункер для исходной суспензии;
 19 — батарея углекислотных баллонов; 20 — компрессор; 21 — газовый смеситель; 22 — насос;
 23 — темперирующий бункер; 24 — центрифуга; 25 — бункер для осадка суспензии; 26 — бункер для фугата;
 27, 28 — мешалка; 29, 30 — насос-дозатор; 31 — двухпоточный распределитель; 32 — трехпоточный распределитель;
 33 — надсмесительный бункер; 34 — смеситель периодического действия с блоком форсунок для ввода суспензии сине-зеленой микроводоросли; 35 — подсмесительный бункер; 36, 44 — нория; 37 — бункер над прессом;
 39 — пресс-гранулятор; 40 — вибрационная сушилка; 41 — охлаждающая колонка; 42 — измельчитель;
 43 — двухситовая просеивающая машина; 45 — бункера для хранения готового продукта; 47, 48 — скребковый конвейер

Из бункера 23 суспензию подают в центрифугу 24 по потоку 0.3.4. В результате центрифугирования образуется осадок с содержанием сухих веществ 10–15% и фугат (межклеточная жидкость), которые по потокам 0.3.5 и 0.3.6 поступают в бункер 25 и 26. Осадок по потоку 0.3.7 подают на двухпоточный распределитель 31, из которого одна часть осадка направляется на смешивание с фугатом в мешалку 27 для получения суспензии с концентрацией сухих веществ 4–5%, а другая его часть — на смешивание с фугатом в мешалку 28 для получения суспензии с концентрацией сухих веществ 1–1,5%. Избыток фугата отделяют в трехпоточном распределителе 32 и подают в бункер 18 для смешивания с инокулятом и питательной средой.

Для получения рассыпного комбикорма подготовленные зерновые, белковые и минеральные компоненты из надсмесительного бункера 33 поступают в смеситель периодического действия 34, куда одновременно (поток 0.3.10) через блок форсунок вводится суспензия микроводорослей с концентрацией сухих веществ 4–5% в количестве 3–6% к массе сырья. Смешиваются компоненты в течение 3–6 мин.

Экспериментально установлено, что при вводе суспензии менее 3% не достигается в полной мере положительный эффект в повышении биологической ценности комбикорма от использования микроводорослей, а ввод суспензии более 6% ограничен конструктивными возможностями используемого на комбикормовых заводах промышленного оборудования.

Рассыпной комбикорм (поток 0.4.1) норийей 36 подается в бункер над прессом 37. Затем он очищается от металломагнитных примесей в магнитной колонке 38 и поступает в пресс-гранулятор 39. В процессе гранулирования в смесительную камеру пресс-гранулятора посредством насос-дозатора 30 вводится суспензия микроводорослей с концентрацией сухих веществ 1–1,5% в количестве 1,5–3% к массе комбикорма. Полученный по влажному способу гранулированный комбикорм с влажностью 18–20% по потоку 0.4.2 направляют в вибрационную сушилку 40 для сушки в виброкипящем слое теплым воздухом до влажности 15–16%. Далее гранулы по потоку 0.4.3 подаются в охладительную колонку 41. Здесь влажность гранул снижается до необходимых 11–14%, затем их измельчают в измельчителе 42. Измельченная крупка по потоку 0.4.4 поступает на фракционирование в двухситовую просеивающую машину 43, в которой разделяется на три фракции: крупную, среднюю и мелкую. Причем крупную фракцию возвращают по потоку 0.4.5 на измельчение, мелкую — по потоку 0.4.7 на гранулирование, а среднюю фракцию в качестве готового продукта с помощью нории 44 по потоку 0.4.6 направляют на хранение в бункера 45, оснащенные шнековыми питателями 46 и скребковыми конвейерами 47, 48.

Комбикорм отпускают потребителю из бункеров для хранения 45 по потоку 0.4.8.

Сравнительные показатели качества комбикорма

Показатель	Производство комбикорма	
	без ввода суспензии на типовой линии	с вводом суспензии на разработанной линии
Влажность, %	13,5–14,0	14,0–14,5
Крошимость, не более, %	12,0	8,2
Наличие мелкой фракции (проход через сито 2 мм), %	8,0–10,0	2,1–2,9
Температура, °С	25–29	28–30
Обменная энергия, ккал/100 г	280–300	308–315
Макроэлементы, %		
Ca	0,6–0,8	0,8–1,1
P	0,55–0,60	0,65–0,75
Na	0,18–0,22	0,22–0,32

Производственные испытания

Способ производства комбикорма с использованием суспензии сине-зеленых микроводорослей реализован в ОАО «Воронежский экспериментальный комбикормовый завод» на линии гранулирования. Линия была реконструирована, дополнена необходимым оборудованием, позволяющим внедрить новый технологический процесс и произвести опытные партии комбикормов с использованием суспензии микроводоросли *Spirulina platensis*.

Параметры процесса: температура культивирования в биореакторе 30–35°C; концентрация готовой суспензии 30–35 г/л; расход газовой смеси в биореакторе 3–5 м³/ч; концентрация углекислоты в газовой фазе 2,0%; энергоемкость процесса 16,32 кВт·ч/т; влажность гранул после пресс-гранулятора 17–19%. Как видно из представленных в таблице данных, комбикорм, содержащий микроводоросль, обладает повышенной питательной и биологической ценностью. Кроме того, наблюдается снижение крошимости гранул и, соответственно, уменьшение количества мелкой фракции в готовой продукции, что способствует повышению ее потребительских свойств.

Литература

1. Богданов, Н. И. Хлорелла повышает продуктивность птицы / Н.И. Богданов // Птицеводство. — 2002. — №3. — С. 31–33.
2. Гайсина, Л. А. Современные методы выделения и культивирования водорослей / Л. А. Гайсина, А. И. Фазлутдинова, Р. Р. Кабиров. — Уфа: БГПУ, 2008. — 152 с.
3. Andersen, R. A. Algal culturing techniques / R. A. Andersen. — Burlington: Academic Press, 2005. — 570 p.
4. Технология промышленного культивирования спироулины (*Spirulina platensis*) / НАН Украины, Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского, Отдел биотехнологий и фиторесурсов; сост.: Р. П. Тренкеншу, Р. Г. Геворгиз. — Севастополь, 2004. ■