УДК 631.36

Результаты исследований по обоснованию конструктивно-технологических параметров подающе-дозировочного устройства в технологии производства аналогов цельного молока

Колесников Д.А., Воякин С.Н., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е.

Дальневосточный государственный аграрный университет

Аннотация

В настоящее время в Амурской области происходит постепенное увеличение производства продукции животноводства. Основным сдерживающим фактором в этой области является кормопроизводство. При этом необходимо отметить, что в северных районах области находит широкое применение мелкотоварное производство в рамках крестьянско-фермерских хозяйств.

Это объясняется тем, что поля в этих районах, пригодные для посева, имеют как правило небольшие площади и использование на них энергонасыщенной техники с целью растениеводства нерентабельно. В связи с чем целесообразно в этих районах заниматься именно животноводством.

Важными составляющими эффективного производства служат наличие исходного сырья требуемого качества оптимальной стоимости в совокупности с использованием производительных технологий и технических средств для его переработки в продукты с максимальной степенью соответствия физиологическим потребностям сельскохозяйственных животных и птицы.

Исследованиями доказано, что наиболее полно требованиям физиологии животных и птицы отвечают кормовые смеси, а, в частности, композиционные, содержащие как высокобелковые компоненты, так и витаминно-минеральные комплексы естественного природного происхождения. Таким образом, исследования, направленные на решение проблемы получения кормовых продуктов на основе сырьевых композиций с использованием такого высокобелкового и доступного в Амурской области сырья как соевые семена, являются важными и актуальными для сельскохозяйственного производства региона.

В представленной статье приводятся результаты исследований по получению кормовых продуктов на основе использования семян сои.

Ключевые слова: КОРМОПРОИЗВОДСТВО, СОЯ, КОРМЛЕНИЕ, МОЛОДНЯК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ, ПРОЦЕСС ПРИГОТОВЛЕНИЯ, ПОДАЮЩЕ-ДОЗИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Введение

Вопросам получения продуктов на основе соевого сырья и продуктов его переработки посвящены работы многих учёных [1-3], однако в настоящее время отсутствуют научно-обоснованные данные, позволяющие проектировать технические средства по приготовлению кормовых продуктов в виде аналогов цельного молока (АЦМ) и комбикормов на основе исходных сырьевых композиций, содержащих комплекс питательных веществ естественного природного происхождения с использованием соевых семян повышенной влажности. Применение в качестве продукта семян сои объясняется тем, что Амурская область производит более 40% от всей выращенной сои в России.

Таким образом, в области присутствуют возможности для решения обозначенной задачи, в частности за счёт создания технического средства, обеспечивающего получение качественных кормовых продуктов на основе соево-зерновых, соево-травяных и прочих соесодержащих композиций с учётом их физико-механических особенностей, что является важным и актуальным направлением для сельскохозяйственного производства региона [3-5].

В связи с вышеуказанной целью проводимых исследований является обоснование способа и конструктивно-технологических параметров подающе-дозировочного устройства для приготовления кормовых продуктов в виде АЦМ и комбикормовых продуктов (КК).

Результаты исследований

Проведённый анализ показал, что при приготовлении продуктов с использованием соевых композиций трансформируются две исходные сырьевые составляющие - жидкая фракция (ЖФ) и нерастворимый остаток (НО), что позволило обосновать перспективную схему технологических операций (рис. 1).

Рис. 1. Схема получения АЦМ при использовании замоченной сои

Примечания: ЗЦМ — заменители цельного молока

Предложенная схема (рис. 1) позволила разработать структурно-функциональное трехузловое устройство, одним из которых является подающе-дозировочное устройство (ПДУ) (рис. 2).

При обосновании конструктивно – технологических параметров установлено, что к основным факторам, характеризующим функционирование ПДУ с необходимой пропускной способностью, следует отнести плотность исходной сырьевой композиции на

основе замоченной сои.

Для определения конструктивно-технологических параметров воспользуемся схемой, представленной на рис. 2

Рис. 2. Схема к определению конструктивно-технологических параметров узла

Примечания: 1 – приёмный бункер; 2 – электродвигатель; 3 – корпус ПДУ; 4 – винт; 5 – нож; 6 – решетка; 7 – перфорированный корпус; 8 – конический винт; 9 – корпус отжимающе-прессующего узла; 10 – регулировочный винт; 11 – формирующее сопло

На основании проведенных теоретических исследований определены:

– длина винта с учетом пористости и давления

$$L_{\epsilon} = \frac{1}{k_{\kappa}} \cdot \ln \left[\frac{\xi_0 - k_{\kappa} \cdot \ln \left(\frac{P_i}{P_0} \right)}{\xi_0} \right] = \frac{1}{k_{\kappa}} \cdot \ln \left[1 - \frac{k_{\kappa}}{\xi_0} \cdot \ln \left(\frac{P_i}{P_0} \right) \right], \quad (1)$$

где ξ_0 – начальная пористость сырьевых компонентов; P_0 и P_i – соответственно начальное и текущее давление, создаваемое винтом при работе устройства; k_{κ} – коэффициент,

характеризующий процесс уплотнения массы винтом.

- Затраты энергии на выполнение процесса уплотнения массы винтовым рабочим органом ПДУ

$$N_y = A/t_y, \quad (2)$$

где t_y – продолжительность уплотняющего воздействия винтового рабочего органа ПДУ.

- Продолжительность уплотняющего воздействия винтового рабочего органа ПДУ -

$$t_y = \frac{1}{k_k} \ln \left[\frac{\xi_i - k_k \cdot \ln \left(\frac{P_i}{P_0} \right)}{\xi_0} \right] : [R_k \cdot \omega_e \cdot \sin \alpha (\cos \alpha - f \cdot \sin \alpha)], \quad (3)$$

где R_k – средний радиус винта, равный $R_k = 0,35(D_k^2 - d_k^2)^{0,5}$; ω_e – угловая скорость винта; α – угол подъема винтовой линии; f – коэффициент трения; ξ_i – пористость сырьевой массы в ПДУ.

- Подача ПДУ

$$Q_{ПДУ} = \frac{0,5 \cdot H \cdot \rho_0 \cdot k_k^2 (R_0 - 0,5 \cdot H) \cdot [(t_e - \Delta) + e] \cdot [R_k \cdot \omega_e \cdot \sin \alpha (\cos \alpha - f \cdot \sin \alpha)]}{\ln \left[\frac{\xi_i - k_k \cdot \ln \left(\frac{P_i}{P_0} \right)}{\xi_0} \right]}, \quad (4)$$

где V_e – объем продукта в винтовом канале на длине его шага – t_e (рис. 2); ρ_0 – плотность кубика.

Результаты и обсуждение

Для подтверждения конструктивно-технологических параметров ПДУ были выбраны значимые факторы: α_1/ω_e – угловая скорость винта в кодированном и раскодированном виде, c^{-1} ; α_2/t_e – шаг винта, м; α_3/L_e – длина винта, м.

Критерий оптимизации в общем виде

$$\gamma_{1,2} = f(\alpha_1/\omega_e; \alpha_2/t_e; \alpha_3/L_e) \rightarrow \text{opt} \quad (5)$$

В качестве критериев оптимизации приняты: давление, создаваемое подающе-дозировочным винтом γ_1/P_1 , МПа, а также энергоёмкость процесса – γ_2/N_Σ , $\frac{\text{кВт} \cdot \text{с}}{\text{кг}}$.

Факторы и уровни варьирования для процесса представлены в таблице 1.

Таблица 1. Факторы и уровни варьирования для процесса

Уровни	Факторы		
	$\alpha_1 / \omega_B, c^{-1}$	$\alpha_2 / t_B, M$	$\alpha_3 / L_B, M$
Верхний уровень (+)	18,0	0,025	0,07
Основной уровень (о)	17,0	0,023	0,06
Нижний уровень (-)	16,0	0,021	0,05
Интервал варьирования (E)	1,0	0,02	0,01

В результате проведенных исследований были определены математические модели:

$$P = 5,22 - 36,87 \cdot t_g - 92,95 \cdot L_g + 1,12 \cdot \omega_g \cdot t_g - 3,5 \cdot \omega_g \cdot L_g + 187,5 \cdot t_g \cdot L_g + \\ + 117,63 \cdot t_g^2 + 232,93 \cdot L_g^2 \rightarrow opt; \quad (6)$$

$$N_{\Sigma 1} = 135,29 - 13,32 \cdot \omega_g - 46,21 \cdot t_g - 8,19 \cdot \omega_g \cdot t_g - 21,62 \cdot \omega_g \cdot L_g + 2168,75 \cdot t_g \cdot L_g + \\ + 0,434 \cdot \omega_g^2 + 1060,37 \cdot t_g^2 + 1910,17 \cdot L_g^2 \rightarrow min. \quad (7)$$

Достоверность моделей оценивали по уровню значимости критерия Фишера, который показал, что полученные модели значимы.

Графическая интерпретация полученных зависимостей в виде поверхностей отклика и их сечений представлена ниже (Рис. 3–5).

Рис. 3. Поверхность отклика $\gamma_1 = f(\alpha_1=0; \alpha_2; \alpha_3) \rightarrow opt$ и ее сечения

Рис. 4. Поверхность отклика $\gamma_1 = f(\alpha_1; \alpha_2 = 0,16; \alpha_3) \rightarrow \text{opt}$ и ее сечения

Рис. 5. Поверхность отклика $\gamma_1 = f(\alpha_1; \alpha_2; \alpha_3 = 0,13) \rightarrow \text{opt}$ и ее сечения

Анализируя полученные данные, представленные на рис. 3-5, можно определить область оптимальных значений давления, создаваемого подающе-дозировочным винтом, равную 0,8 МПа, при этом энергоемкость процесса $24,08 \frac{\text{кВт} \cdot \text{с}}{\text{кг}}$.

Вывод

В результате проведенных исследований установлены оптимальные конструктивно-технологические параметры, позволяющие использовать ПДУ с наименьшими затратами энергии.

Список используемых источников

1. Вараксин С.В., Доценко С.М., Крючкова Л.Г., Маркин Д.А. Обоснование процесса приготовления продуктов на основе соево-зерновых композиций [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2018. - № 2. - Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2018/2/st_219.doc
2. Гордезиани В.С. Производство заменителей цельного молока. – М.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
3. Yegorov I., Yegorova T., Roshchupkin R., Kudinov S. High-protein soybean extraction cakes in compound feeds for broiler chicks // magazine "Mixed feed". – Jan. 2017. – P. 7–8.
4. Вишневский А.Н., Воякин С.Н. Получение гранулятов на основе соево-мясокостных и соево-рыбокостных композиций // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные проблемы в энергетике и средствах механизации АПК». – Благовещенск. – 2014. – С. 6-11.
5. Щитов С.В., Воякин С.Н., Бурмага А.В., Кузнецов Е.Е. Исследование процесса получения бинарных композиций на основе растительного сырья [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2020. - №1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2020/1/st_118.pdf.

Цитирование:

Колесников Д.А., Воякин С.Н., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е. Результаты исследований по обоснованию конструктивно-технологических параметров подающе-дозировочного устройства в технологии производства аналогов цельного молока [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_627.pdf.
DOI: <https://doi.org/10.51419/20216627>.