УДК 631.363(031)

Обоснование технологии и параметров приготовления продуктов на основе соево-корнеплодных композиций

Доценко С.М., Вараксин С.В., Маркин Д.А.

Дальневосточный государственный аграрный университет

Аннотация

Целью исследований является обоснование технологии и параметров процесса получения белково-витаминных продуктов жидкой и ксерогелевой физической формы. Объект исследования: процесс приготовления заменителя молочных кормов в виде белково-витаминного экстракта для молодняка сельскохозяйственных животных с помощью multifunctional устройства в виде измельчителя-экстрактора-разделителя (ИЭР) – трёхмодульного исполнения. Авторами статьи разработана аппаратно-технологическая схема производства заменителя молочных кормов (ЗМК) и комбикормов- концентратов (КК) на основе соево-корнеплодной сырьевой композиции. Установлены зависимости, характеризующие работу измельчающе-экстракционного устройства по процессам измельчения соево-корнеплодной сырьевой композиции, экстракции питательных веществ из нее в водную среду и отделения жомового остатка от заменителя молочных кормов. Обоснована технология получения инновационных продуктов в виде заменителя молочных кормов – комбикормов-концентратов на основе соево-корнеплодной сырьевой композиции.

Ключевые слова: ПАРАМЕТРЫ, СОЕВО-КОРНЕПЛОДНАЯ КОМПОЗИЦИЯ, ЗАМЕНИТЕЛИ МОЛОЧНЫХ КОРМОВ, КОМБИКОРМА-КОНЦЕНТРАТЫ, ГРАНУЛЯТ, ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ-ЭКСТРАКТОР-РАЗДЕЛИТЕЛЬ, ТЕХНОЛОГИЯ

Введение

На сегодняшний день учеными и практиками доказана необходимость, возможность и целесообразность использования сои и продуктов ее переработки в рационах кормления сельскохозяйственных животных и птицы. Однако широкое использование соевого компонента в кормлении сельскохозяйственных животных и

птицы сдерживается ввиду отсутствия эффективных технологий и технических средств его подготовки к скормливанию [1]. Наиболее целесообразным направлением использования продуктов на основе сои является приготовление заменителей молочных кормов (ЗМК) и сухой, и жидкой формы, а также комбикормов-концентратов (КК) [2]. Однако существующие на сегодняшний день технологии и технические средства не позволяют получать ЗЦМ и КК с таким составом, который бы содержал β -каротин естественного происхождения. Решение данной зоотехнической, технологической и технической задачи позволило бы повысить кормовую и биологическую ценность рационов, в первую очередь, для молодняка животных и птицы.

Обоснование технологии и параметров процесса получения белково-витаминных продуктов жидкой и ксерогелевой физической формы

В ходе работы осуществлялось решение следующих задач:

- разработать технологическую и аппаратурно-технологическую схемы процесса безотходного производства белково-витаминных продуктов;
- теоретически и экспериментально обосновать основные параметры процесса получения белково-витаминных продуктов.

В соответствии с принятым нами способом обработки соевого и морковного сырья, схематично представленным на рис. 1, возможно получение кормовых продуктов повышенной кормовой и биологической ценности путем выполнения соответствующих операций [3].

Разработка экспериментальной аппаратурно-технологической схемы производства ЗМК и КК на основе соево-морковных композиций

На рис. 2 представлена разработанная авторами статьи аппаратурно-технологическая схема производства ЗМК и КК на основе соево-морковных композиций [3].

Базовой машиной представленной линии производства данных кормовых продуктов является многофункциональное устройство в виде измельчителя-экстрактора-разделителя (ИЭР) – трёхмодульного исполнения.

Рис. 1. Принципиальная схема безотходного производства кормовых продуктов на основе соево-морковных композиций

Рис. 2. Аппаратурно-технологическая схема производства заменителя молочных кормов и белково-витаминно-минерального гранулята

Примечание: 1 – бункера-дозаторы; 2 – смеситель-питатель; 3 – измельчитель-экстрактор-разделитель; 4 – ёмкость вертикальная с мешалкой; 5 – смеситель; 6 – гранулятор; 7 – лоток; 8 – шкаф сушильный «ЭСПИС-4-Универсал»

Общий вид зависимости, характеризующей получение ЗМК и КК с помощью данной машины, можно представить, как

$$K_{CB} = f(\theta; \nu; w_c; \lambda; \eta; КРП; \dots) \rightarrow \max \quad (1)$$

где: K_{CB} – концентрация сухих веществ, содержащихся в продуктах;

θ – однородность смеси в соево-морковной композиции;

ν – неоднородность гранулометрического состава частиц в композиции;

w_c – угловая скорость движения смеси;

λ – степень измельчения в ИЭР;

η – степень разделения;

КРП – конструктивно-режимные параметры ИЭР.

С физико-механической точки зрения, выход сухих веществ в экстрагент (воду) характеризуется соответствующей кинетикой диффузионного процесса.

В связи с этим для процесса получения белково-витаминной дисперсной системы (БВДС) с соответствующей концентрацией сухих веществ справедливо следующее условие:

$$K_{CB} = f(\tau) \rightarrow \max, \quad (2)$$

где T – продолжительность насыщения водной среды «сухим веществом».

Тогда для системы получения белково-витаминной дисперсной среды с определенной концентрацией сухих веществ справедливо следующее уравнение:

$$\frac{dK_{CB}}{d\tau} = \frac{dk}{d\tau} = \frac{d(K_{CB} + k)}{d\tau} = 0 \quad (3)$$

Согласно данному уравнению:

$$K_{CB} + k = \text{const} = K_{CB}^0 + k^0 = K_{CB}^\tau + k^\tau = C, \quad (4)$$

где: K_{CB}, k – исходные значения параметров;

K_{CB}^0, k^0 – значения параметров в момент времени $\tau = 0$;

K_{CB}^T, k^T – значения параметров, к которым приближаются параметры K_{CB} и k с течением времени τ ;

C – постоянная величина.

Темп прироста концентрации сухих веществ в белково-витаминной дисперсной системе:

$$\frac{dK_{CB}}{d\tau} = \zeta(K_{CB}; K_{CB} + k) = \zeta(K_{CB}^{\tau}), \quad (5)$$

где ζ – коэффициент, характеризующий интенсивность процесса приращения концентрации сухих веществ в белково-витаминной дисперсной системе.

В свою очередь, интенсивность приращения концентрации сухих веществ в БВДС с течением времени изменяется в соответствии с законом:

$$\frac{d\zeta}{d\tau} = -C \cdot \zeta, \quad (6)$$

где C – параметр диффузионного процесса, характеризующий замедление темпа насыщения БВДС сухим веществом.

Проведя преобразования выражения (5), имеем:

$$\zeta = \zeta_0 \cdot e^{-C\tau}, \quad (7)$$

где ζ_0 – значение параметра концентрации сухих веществ в момент времени $\tau = 0$.

Данное уравнение, с учетом зависимости (5), приводится к следующему виду:

$$\frac{dK_{CB}}{d\tau} = \zeta_0 \cdot K_{CB}^o \cdot e^{-\zeta\tau} \quad (8)$$

Проинтегрировав данное уравнение, получаем зависимость:

$$\int_{K_{CB}^o}^{K_{CB}} \frac{dK_{CB}}{d\tau} = \zeta_0 \cdot \int_0^{\tau} e^{-\zeta\tau} \quad (9)$$

Равенство (9) путем логарифмирования преобразуем в уравнение:

$$\ln\left(\frac{K_{CB}}{K_{CB}^o}\right) = \frac{\zeta_0}{\zeta} \cdot (1 - e^{-\zeta\tau}) \quad (10)$$

С учетом проведенных преобразований зависимость концентрации сухих веществ в БВДС определяется как:

$$K_{CB} = K_{CB}^o \cdot \exp \frac{\zeta (1 - e^{-\zeta \tau})}{\zeta} \quad (11)$$

В связи с малой погрешностью принимаем, что $\tau \cdot e^{-\zeta \tau} \approx 1 - \zeta \tau$, и тогда имеем:

$$K_{CB}^{\tau} ; K_{CB}^o \cdot e^{\zeta_0 \tau} \quad (12)$$

Согласно принятому положению, что $K_{CB} \rightarrow K_{CB}^{\tau} \rightarrow \max$, получаем:

$$K_{CB}^{\tau} = K_{CB}^o \cdot e^{\zeta/c} \quad (13)$$

Проведем дифференцирование данной зависимости и получим, что

$$\frac{1}{\zeta_0} \cdot \frac{d^2 K_{CB}}{d\tau} = \frac{dK_{CB}}{d\tau} \cdot e^{-c\tau} - C \cdot K_{CB} \cdot e^{-c\tau} \quad (14)$$

Преобразуя данное уравнение подстановкой $\frac{dK_{CB}}{d\tau}$ (из выражения 2), получаем

зависимость для определения оптимального значения продолжительности экстракции белково-витаминных веществ в воду, при которой будет выполнено условие (2):

$$\tau^{opt} = \frac{1}{c} \cdot \ln(\zeta_0/C) \quad (15)$$

При $\tau = \tau^{opt}$ имеем, что

$$K_{CB} = K_{CB}^{\tau} / e \quad (16)$$

С учетом уравнения (13) получаем:

$$\frac{dK_{CB}}{d\tau} = \zeta_0 \cdot K_{CB} \cdot \frac{\ln(K_{CB}^{\tau}/K_{CB})}{\ln(K_{CB}^{\tau}/K_{CB}^o)} \quad (17)$$

Перейдя от параметра ζ_0 к параметру C , имеем:

$$\frac{dK_{CB}}{d\tau} = C \cdot K_{CB} \cdot \ln(K_{CB}^{\tau}/K_{CB}) \quad (18)$$

Анализ данного выражения показывает, что интенсивность выхода белково-витаминных веществ в водную среду при приготовлении белково-витаминной основы для заменителя молочных кормов зависит как от соотношения воды и соево-морковной композиции, так и от степени ее измельчения – λ , а также от конструктивно-режимных параметров измельчающе-экстракционного узла предложенного многофункционального

устройства.

Производительность (пропускная способность) измельчающе-экстракционного узла, с учетом условия (15), определяется как:

$$Q_{ИЭ} = \frac{0,125 \cdot c \cdot d_0^2 \cdot Z_0 \cdot h \cdot Z \cdot \rho}{\ln(\zeta/c)}, \quad (19)$$

где: d_0 – диаметр решетки измельчителя;

Z_0 – число отверстий в решетке;

h – величина перемещения измельченной соево-морковной массы;

Z – число перьев ножа;

ρ – плотность соево-морковной массы.

С учетом пропускной способности (подачи) винтового питателя ИЭР, необходимый диаметр измельчающей решетки определяется как

$$d_0 = \sqrt{\frac{(D_e^2 - d_e^2) \cdot s \cdot \rho_0 \cdot \omega \cdot \varphi \cdot [\ln(\zeta/c)]}{C \cdot Z_0 \cdot h \cdot Z \cdot \rho}}, \quad (20)$$

где: D_e и d_e – диаметр витков и вала винта, соответственно;

s – шаг витков винта;

ρ_0 – плотность водно-соево-морковной массы в винтовом питателе;

ω – угловая скорость вращения винта;

φ – угол поворота.

Экспериментально установлено, что при оптимальных значениях конструктивно-режимных параметров ИЭР концентрация сухих веществ в жидкой белково-витаминной композиции составляет $K_{CB}=12-13$ %. При этом её значения зависят от диаметра отверстий измельчающей решетки – d_0 и могут быть определены по следующему эмпирическому выражению:

$$K_{CB} = 12,1 - 1,952d_0 \quad (21)$$

В свою очередь, нами установлено, что от параметра d_0 зависит степень измельчения – λ соево-морковной композиции, которую можно определить по следующей эмпирической формуле:

$$\lambda = 19,8 - 3,193d_0 \quad (22)$$

Из данного выражения следует, что диаметр отверстия решетки равен

$$d_0 = 6,2 - 0,312\lambda \quad (23)$$

Заключение

В результате проведенных исследований для разработанной схемы линии и конструкций машин теоретическим и экспериментальным путем установлены зависимости, с помощью которых в процессе проектирования для конкретных условий их работы можно выбрать оптимальные значения и параметры. Предложенная схема приготовления ЗЦМ и КК с использованием многофункционального устройства в виде измельчителя-экстрактора-разделителя рекомендуется к внедрению в технологии кормопроизводства.

Список использованных источников

1. Механизация приготовления кормов: справочник / В.И. Сыроватка [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.
2. Гордезиани В.С. Производство заменителей молока / В.С. Гордезиани. – М.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
3. Патент РФ № 2565277 Способ приготовления белково-витаминного продукта / авторы Доценко С.М., Вараксин С.В. и др. Оpubл. в Б.И. № 29 от 20.10.2015.

Цитирование:

Доценко С.М., Вараксин С.В., Маркин Д.А. Обоснование технологии и параметров приготовления продуктов на основе соево-корнеплодных композиций [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/2/st_219.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20212219>.