

УДК 663.933:621.1.013

Доцент Е.С. Шенцова

(Воронеж, гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хранения и переработки зерна, тел. (473) 255-65-11

Получение, хранение и эффективное использование холинхлорида в качестве биологически активной добавки

Изложена технология получения и хранения новой формы витамина В₄ в составе готовой продукции. Определена эффективность ее использования в сельском хозяйстве.

Obtaining and storage technology of vitamin B₄ new form within ready for use product content is represented. Efficiency of its use in agriculture is established.

Ключевые слова: эксперимент, холинхлорид, коэффициент вариации, энергозатраты, биологически активные вещества.

Цель исследования – совершенствование технологии комбикормов с использованием биологически активных веществ, обеспечивающих полноценность кормления сельскохозяйственных животных и птицы [1,2,3,4].

Объектами исследования служили премиксы и комбикорма, выработанные по рецептам, разработанным ведущими научно-исследовательскими институтами в области кормления сельскохозяйственных животных и птицы. Продукция соответствовала нормам их потребности в питательных и биологически активных веществах.

По результатам экспериментальных и аналитических исследований предлагается рассмотреть одну из перспективных технологий, которая заключается в получении сыпучей формы холинхлорида (витамин В₄) на основе сухого свекловичного жома [5]. Эта технология создает реальные возможности для расширения перечня относительно дешевых отечественных кормовых препаратов.

Использование свекловичного жома в качестве носителя холинхлорида создает также благоприятные условия для выведения из организма животных и птицы вредных веществ благодаря содержащемуся в нем пектину. Предложенная технология предусматривает получение холинхлорида с содержанием в сыпучем препарате 60 % основного вещества и предполагает сушку смеси раствора витамина с сухим свекловичным жомом атмосферным воздухом (рис. 1).

Исходный сухой свекловичный жом направляют для измельчения в дробилку 1. Измельченный продукт поступает на просеиватель 2, где происходит его фракционирование по крупности. Крупную фракцию (сход сита) возвращают на доизмельчение в дробилку 1, а мелкую фракцию (проход сита) подают в смеситель 3, где происходит смешивание с предварительно подогретым в нагревателе 4 исходным водным раствором холинхлорида, подаваемым в смеситель.

Полученную смесь измельченного и фракционированного сухого жома и водного раствора холинхлорида направляют в вибросушилку 5. В качестве теплоносителя используют перегретый пар атмосферного давления, который подают в вибросушилку вентилятором 8. Перегрев осуществляют в пароперегревателе 7 греющим паром, который получают посредством парогенератора 10 с электронагревательными элементами.

Готовый продукт в виде порошкообразного холинхлорида выводят из вибросушилки 5.

Отработанный перегретый пар из вибросушилки 5 направляют в циклон-очиститель 6, из которого выделенные частицы холинхлорида выводят в качестве готового продукта. Поток очищенного теплоносителя сначала подают в ресивер 14, а затем разделяют на два. При этом основной поток направляют в вибросушилку, образуя контур рециркуляции, включающий в себя вентилятор 8 и пароперегреватель 7. Дополнительный поток отработанного перегретого пара подают в нагреватель 4 для подогрева исходного раствора холинхлорида.

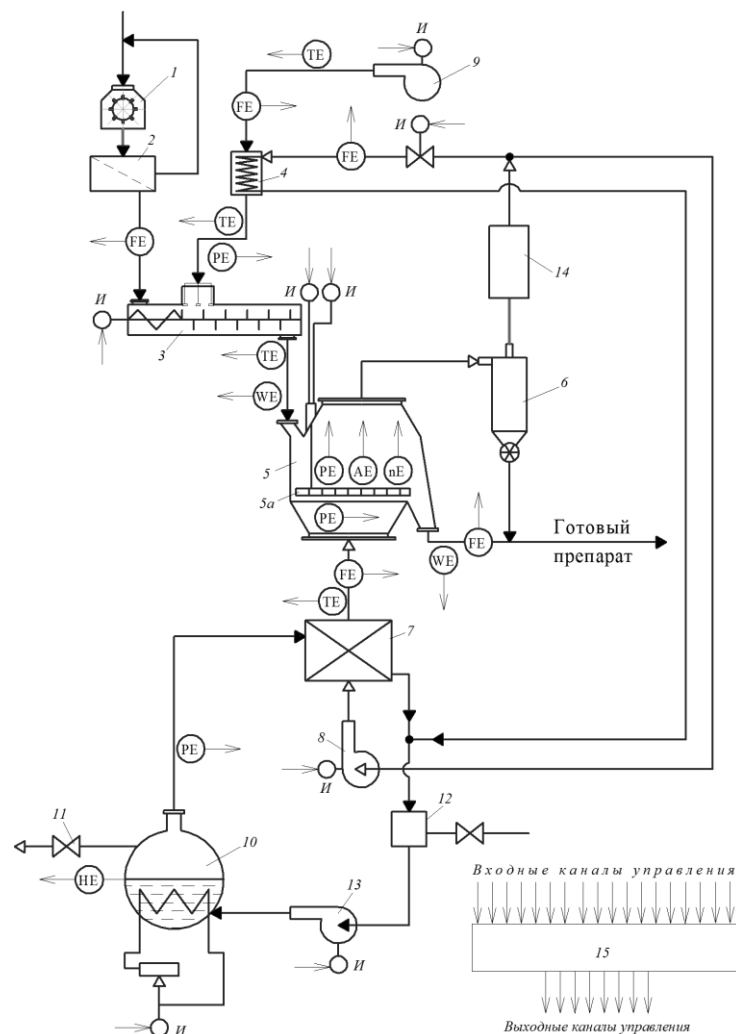


Рис. 1. Технологическая линия получения сыпучей формы холинхлорида на основе сухого свекловичного жома: 1 - дробилка; 2 - просеиватель; 3 - смеситель; 4 - нагреватель; 5 - вибросушилка; 5а - газораспределительная решетка; 6 - циклон-очиститель; 7 - пароперегреватель; 8 - вентилятор; 9 - насос для холинхлорида; 10 - парогенератор; 11 - предохранительный клапан; 12 - сборник конденсата; 13 - питательный насос; 14 - ресивер; 15 - микропроцессор; датчики: *TE* – температуры; *PE* – давления; *FE* – расхода; *nE* - частоты колебаний; *AE* – амплитуды; *HE* – уровня; *И* – исполнительные механизмы

Подогрев холинхлорида перед смесителем уменьшает его вязкость, при этом создаются благоприятные условия для равномерного распыливания холинхлорида, обеспечивается надежная работа смесителя, снижается нагрузка на насос 9, который подает исходный водный раствор холинхлорида сначала в нагреватель 4, а затем в смеситель 3.

Образовавшийся в процессе перегрева теплоносителя в пароперегревателе 7 конденсат греющего пара и конденсат отработанного перегретого пара, полученный при подогреве водного раствора холинхлорида в нагревателе 4, отводят в сборник конденсата 12, а затем в режиме замкнутого контура питательным насосом 13 подают в парогенератор 10. Избыток конденсата отводится из сборника 12.

Информация о ходе процесса получения сыпучей формы порошкообразного холинхлорида с помощью датчиков передается в микропроцессор, который по заложенному в него программно-логическому алгоритму осуществляет оперативное управление технологическими параметрами с учетом накладываемых на них двухсторонних ограничений, обусловленных как получением готового продукта высокого качества, так и экономической целесообразностью [6].

Предлагаемая технология позволила улучшить качество готового продукта за счет оперативного управления технологическими параметрами на стадиях процесса приготовления порошкообразного холинхлорида; рационально использовать сырье вследствие установки соответствующих режимов работы

оборудования в зависимости от подаваемых на него нагрузок и, следовательно, снизить себестоимость готового продукта; увеличить его выход и снизить удельные теплоэнергетические затраты за счет точности и надежности управления процессом приготовления порошкообразного холинхлорида.

Проведены исследования физико-механических свойств новой кормовой формы холинхлорида. Теоретически обосновано и экспериментально доказано, что размер частиц холинхлорида обеспечивает его равномерное распределение в составе премиксов и комбикормов. Изучены гигроскопические свойства витамина, определена равновесная влажность при различных значениях относительной влажности воздуха (рис. 2, 3).

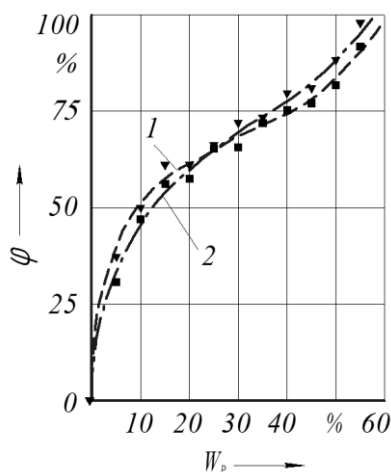


Рис. 2. Зависимость равновесной влажности холинхлорида W_p при температуре окружающей среды 25 °С от относительной влажности воздуха (ϕ) для различных форм: 1 – применяемая форма с 60 %-ным содержанием холинхлорида; 2 – новая форма с 60 %-ным содержанием холинхлорида

В результате установлено, что характер изменения равновесной влажности (W_p) у исследуемых форм холинхлорида существенно не отличается, а некоторые отличия связаны со свойствами применяемых при их производстве носителей. Условия хранения на складе с повышенной относительной влажностью воздуха приведут к увеличению влажности холинхлорида и ухудшению его качества. Эффективным способом увеличения сроков хранения премиксов с высоким содержанием холинхлорида является использование специальной упаковки, обеспечивающей герметичность.

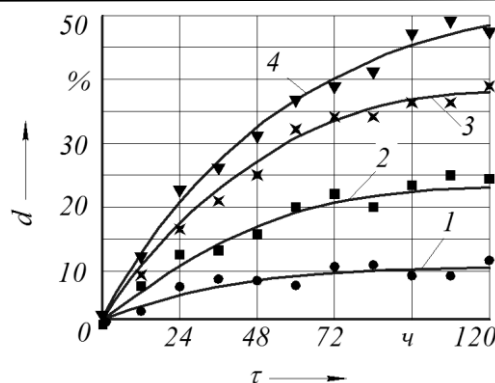


Рис. 3. Зависимость равновесной влажности новой формы холинхлорида от времени сорбции при различной относительной влажности воздуха, %: 1 – 45; 2 – 58; 3 – 80; 4 – 93

Рассмотрены теоретические вопросы оценки вариаций питательных веществ и БАВ в партиях кормовых смесей и рационах сельскохозяйственных животных и птицы в зависимости от технологических факторов (случайные аналитические погрешности методик количественного химического анализа компонентов комбикормов и премиксов, готовых кормовых смесей, случайные погрешности оценки масс сырьевых компонентов при их дозировании).

В различных сырьевых компонентах комбикормов могут присутствовать одноименные питательные вещества.

В этом случае содержание любого j -го питательного вещества в идеальной кормовой смеси может быть представлено функцией

$$C_j = \sum_{i=1}^m m_i C_{ji}, \quad (1)$$

где m_i – массовая доля содержания i -го сырьевого компонента в партии комбикорма массой

$$M_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n M_i; \quad (2)$$

где M_i – масса i -го компонента; C_{ji} – содержание j -го питательного вещества в i -м компоненте; n – количество компонентов в смеси.

В премиксах обычно любые БАВ вносят в смесь только одним сырьевым компонентом. Содержание C_{in} i -го БАВ в смеси премикса можно представить формулой

$$C_{in} = m_i C_i, \quad (3)$$

где C_i – содержание i -го БАВ в i -м сырьевом компоненте премикса; m_i – массовая доля содержания i -го сырьевого компонента в партии премикса массой $M_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n M_i$; n – число сырьевых компонентов и носителя в смеси.

Аргументами функций (1)–(3) являются величины C_{ji} ; M_i ; C_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Случайные отклонения значений аргументов от их опорных

значений, в качестве которых выступают данные рецептов, приводят к вариациям значений функций C_i и C_{in} .

Возникают также вариации значений функций C_j и C_{in} при оценке их значений в партиях кормовых смесей за счет случайных аналитических погрешностей.

Вариации значений функций C_j и C_{in} могут характеризоваться дисперсиями S_j^2 и S_i^2 (или соответствующими стандартными отклонениями s_j и s_i) и коэффициентами вариации:

$$R_j = \frac{\sqrt{S_j^2}}{C_j}, \quad (4)$$

$$R_i = \frac{\sqrt{S_i^2}}{C_{in}}. \quad (5)$$

Дисперсии функций C_j , C_{in} оцениваются по правилам оценки дисперсий функций многих переменных, аргументы которых независимы.

Приводятся в явном виде формулы для оценки теоретических значений дисперсий функций C_j и C_{in} , с помощью которых могут быть оценены их численные значения, а также формулы для оценки коэффициентов вариации.

Теоретические значения коэффициентов вариации (3) и (4) в партиях комбикормов и премиксов соответствуют представительной выборке при экспериментальной оценке качества готовых смесей.

Для некоторых показателей качества C_j и C_{in} кормовых смесей требуется их гарантированное содержание в готовых продуктах. При известных значениях стандартных отклонений s_j и s_i можно решить задачу того, что опорные значения функций C_j и C_{in} не будут выходить за границы, задаваемые в форме «не более» или «не менее» с заданной вероятностью P . Задача решается с использованием функции Лапласа и интегральной функции вероятностей нормального распределения случайных погрешностей. Показаны уточненные опорные значения C_j^* и C_{in}^* , при которых в готовых кормовых смесях будет содержаться гарантированное количество активных веществ.

Оценка вариаций содержания питательных веществ и БАВ в суточных рационах может быть решена с помощью функции Пуассона, которая определяет вероятность распределения дискретных случайных величин, в качестве которых выступают частицы носителей

питательных веществ и БАВ. Задача решается с использованием характеристик гранулометрического состава носителей активных веществ. Важной характеристикой гранулометрического состава является средний диаметр $(d_i)_{50}$ частиц.

При известных диаметрах частиц можно рассчитать среднее количество $\bar{N}_i$ носителя j -го питательного вещества и носителя i -го БАВ в рационах массой M_p .

Для носителей i -го БАВ премикса в рационах среднее количество частиц оценивали по формуле

$$\bar{N}_{in} = \frac{6M_p C_n C_{in}}{100 \rho_i C_i (d_i)_{50}^3}, \quad (6)$$

где ρ_i – плотность сырьевого компонента; C_n – содержание премикса в комбикорме.

Коэффициент вариации i -го БАВ в рационах оценивали по формуле

$$R_i = \frac{100}{\sqrt{\bar{N}_i}} = \frac{S_i}{C_i} \cdot 100.$$

Доверительный интервал, в который попадает приблизительно 100 % суточных рационов по содержанию частиц N_i , определяется границами: $\bar{N}_i \pm 3\sqrt{\bar{N}_i}$.

Оптимальный диаметр частиц i -го компонента премикса в комбикормовом рационе рассчитывается по формуле

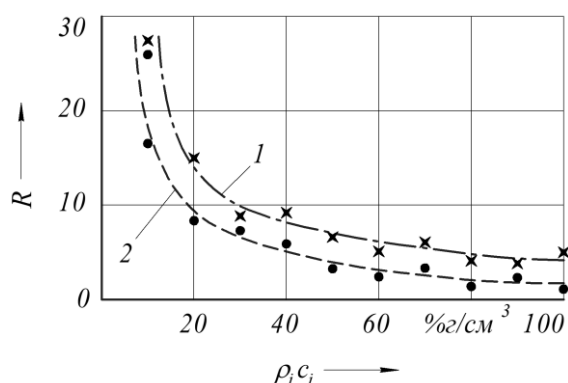
$$(d_i)_{50} = \sqrt[3]{\frac{6M_p C_n C_{in} R_i^2}{100 \rho_i C_i}}.$$

В табл. 1 приведены теоретические ожидаемые коэффициенты вариации содержания БАВ премикса рецепта П5-1 в суточных рационах цыплят бройлеров и кур-несушек. Высокие значения коэффициентов вариации для некоторых БАВ могут быть уменьшены путем изменения среднего количества частиц $\bar{N}_i$ в рационах или уменьшения среднего диаметра частиц-носителей, а также варьированием аргумента $\rho_i C_i$ функции (рис. 4), являющегося произведением плотности и концентрации активного вещества в препарате.

Разработанный метод оценки вариации содержания БАВ сырьевых компонентов премиксов позволяет прогнозировать их вариации в рационах. Задаваясь принимаемыми значениями коэффициентов вариации, можно оценить среднее количество частиц i -го компонента $\bar{N}_i$, при которых достигается поставленная задача. Зная необходимое среднее количество частиц, можно сформулировать требования к их крупности.

Оценка вариаций БАВ сырьевых компонентов премиксов

БАВ сырьевого компонента	Содержание БАВ в сырьевом компоненте премикса C_i	Содержание БАВ в премиксе, C_{in}	Плотность носителей БАВ, g/cm^3	Диаметр частиц, $(d)_{50}$, см	Среднее количество частиц, $\bar{N}_i$, шт		Коэффициент вариации, R_i , %	
					В рациие массой 10 г	В рациие массой 110 г	В рациие массой 10 г	В рациие массой 110 г
Витамин А	1000 млн МЕ/г	1000 МЕ/г	0,65	0,035	6,8	74,8	38,5	11,60
Витамин D ₃	500 млн МЕ/г	200 МЕ/г	0,75	0,02	12,7	139,7	28,0	8,50
Витамин Е	50 %	0,25 %	0,60	0,02	200	2200	7,10	2,10
Витамин К ₃	50 %	0,02 %	0,70	0,005	1090	11990	3,0	0,91
Витамин В ₁	98 %	0,02 %	0,40	0,0045	975,6	10731	3,2	0,96
Витамин В _с	95 %	0,007 %	0,25	0,012	2470	27170	2,0	0,60
Витамин Н	2,0 %	0,001 %	0,70	0,01	13,8	159	27,0	8,0
Элемент Fe	20,1 %	0,1 %	1,89	0,02	62,9	692,7	12,6	3,8
Элемент Zn	22,7 %	0,5 %	1,95	0,032	65,3	719	12,4	3,7
Элемент Со	21,3 %	0,01 %	1,948	0,049	0,4	4,4	158,7	47,8
Элемент I	75,95 %	0,01 %	3,115	0,0062	0,03	0,33	588,0	175,4
Элемент Se	45,7 %	0,002 %	3,07	0,032	0,063	0,693	400,0	120,0
Элемент Mn	22,8 %	1,0 %	2,103	0,028	182	1818	7,4	2,3
Элемент Cu	26,0 %	0,025 %	2,284	0,064	0,31	3,43	178,0	176,6

Рис. 4. Зависимость коэффициента вариации от аргументов $\rho_i c_i$ функций (5) и (6): 1 – марганец; 2 – цинк

Для определения влияния различных факторов на процесс хранения премикса применили центральное композиционное ротационное униформпланирование и дробный факторный эксперимент ДФЭ 2^{5-1} . В качестве основных факторов были выбраны: X_1 – содержание холинхлорида в премиксе, г/кг; X_2 – температура окружающего воздуха, °С; X_3 – расход воздуха на активное вентилирование помещения, м³/(ч·т); X_4 – относительная влажность воздуха при хранении, %; X_5 – исходная влажность наполнителя (сухой свекловичный жом), % (табл. 2).

Выбор интервалов изменения факторов обусловлен технологическими условиями. Критериями оценки влияния различных факторов на процесс хранения премикса были выбраны: Y_1 – удельные энергозатраты на хранение, (кВт·ч)/т; Y_2 – влажность премикса при хранении, %; Y_3 – содержание витамина С в премиксах, г/кг.

Выбор критериев оценки Y обусловлен их значимостью. В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие данный процесс под влиянием исследуемых факторов:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 2,777 + 0,04X_1 + 0,135X_2 + 0,171X_3 + \\
 &+ 0,158X_4 + 0,065X_5 + 0,014X_1^2 + 0,024X_2^2 + \\
 &+ 0,022X_3^2 + 0,021X_4^2; \\
 Y_2 &= 10,915 + 0,296X_1 - 0,146X_2 - 0,488X_3 + \\
 &+ 0,521X_4 + 0,893X_5 + 0,106X_1X_4 + 0,106X_2X_4 - \\
 &- 0,419X_3X_4 + 0,107X_3^2 - 0,298X_5^2; \\
 Y_3 &= 4,492 - 0,308X_1 + 0,642X_3 - 0,783X_4 - 0,202X_5 + \\
 &+ 0,238X_1X_3 - 0,238X_2X_4 + 0,225X_2X_5 + 0,113X_3X_5 - \\
 &- 0,494X_1^2 - 0,269X_2^2 - 0,294X_3^2 - 0,569X_4^2.
 \end{aligned}$$

Условия планирования	Пределы изменения входных факторов				
	$X_1, \text{г/кг}$	$X_2, ^\circ\text{C}$	$X_3, \text{м}^3/(\text{ч}\cdot\text{т})$	$X_4, \%$	$X_5, \%$
Основной уровень	150,0	18,0	10,0	50,0	10,0
Верхний уровень	200,0	22,0	12,5	60,0	11,0
Нижний уровень	100,0	14,0	7,5	40,0	9,0
Верхняя «звездная точка»	250,0	26,0	15,0	70,0	12,0
Нижняя «звездная точка»	50,0	10,0	5,0	30,0	8,0

По уравнениям регрессии сформулирована задача оптимизации, математическая постановка которой представлена в виде следующей модели:

$$\begin{aligned}
 q &= q(Y_1, Y_2, Y_3) \xrightarrow{x \in D} \text{opt}; \\
 Y_1(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) &\xrightarrow{x \in D} \min; \\
 D: Y_2(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) &\xrightarrow{x \in D} \min; \\
 Y_3(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) &\xrightarrow{x \in D} \max \\
 Y_i &\geq 0, i = \overline{1,3}; X_j \leq [-2; +2], j = \overline{1,5}.
 \end{aligned} \quad (7)$$

Для определения рациональных режимов использовали "ридж – анализ", который базируется на методе неопределенных множителей Лагранжа. В табл. 2 приведены рациональные интервалы изменения параметров X_i для исследуемых выходных факторов.

Характер изменения критериев оптимизации Y_i относительно параметров X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 показал, что в области допустимых решений X_i критерии Y_i конфликтуют. Этот конфликт отображался конфликтными решениями в области D , определяющей множество Парето.

Для получения конкретного решения из множества Парето задача векторной оптимизации (7) сведена к скалярной весовым методом, идея которого заключается в синтезе скалярного критерия:

$$q(X) = q(q_1, q_2, \dots, q_k).$$

Тогда решение сводится к обычной оптимизации:

$$q(X) \xrightarrow{\bar{x} \in D} \min.$$

Функция $q(X)$ представлена в виде свертки критериев:

$$q(\bar{X}) = \sum_{i=1}^k \alpha_i \frac{q_i(\bar{X}) - q_{i \min}}{q_{i \max} - q_{i \min}},$$

где α_i – вес i -го критерия ($0 \leq \alpha \leq 1, \sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$);

$q_{i \max}, q_{i \min}$ – минимальное и максимальное значение критериев качества $q_i(\bar{X})$.

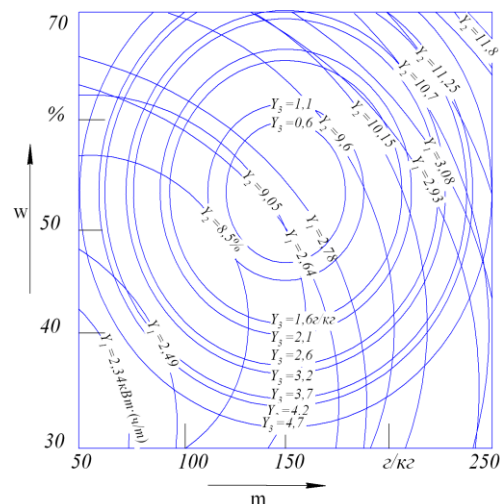


Рис 5. Номограмма для определения удельных энергозатрат на хранение премикса (Y_1) при изменении влажности премикса (Y_2) и содержания в нем витамина С (Y_3): $t = 18 ^\circ\text{C}$; $Q = 10 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{т})$; $w_{\text{возд.}} = 10 \%$

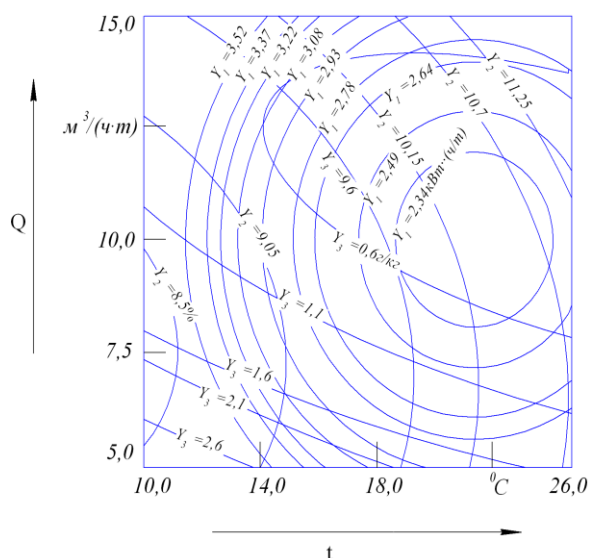


Рис. 6. Номограмма для определения удельных энергозатрат на хранение премикса (Y_1) влажности премикса при хранении (Y_2), содержание витамина С в премиксах при хранении (Y_3): $m = 150 \text{ г/кг}$; $T = 18 ^\circ\text{C}$; $w_{\text{возд.}} = 50 \%$

Множество Парето в данном случае было получено путем варьирования весового коэффициента α_i в интервале $[0; 1]$ ($\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$). В резуль-

тате получены оптимальные границы исследуемых факторов с точки зрения выбранного критерия оптимизации: $X_1 = 50 \dots 75$ г/кг; $X_2 = 14 \dots 20$ °C; $X_3 = 9 \dots 12$ м³/(ч·т); $X_4 = 35 \dots 40$ %; $X_5 = 8,5 \dots 10,5$ % (рис. 5, 6). При этом среднеквадратичная ошибка не превышала 7,5 %.

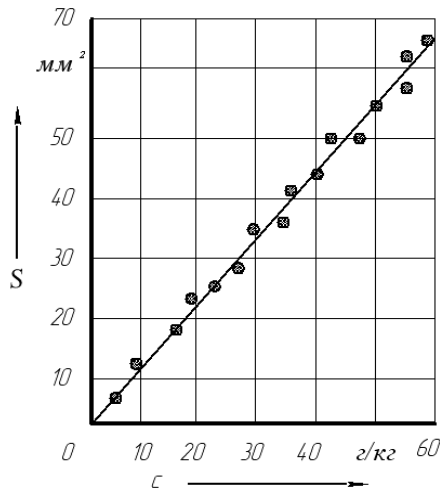


Рис. 8. Градуировочный график зависимости $S = f(c)$

Изучение гигроскопических свойств премиксов с различным содержанием холинхлорида предполагало определение равновесной влажности в процессе сорбции и десорбции. Получена линейная зависимость изменения этого показателя от количества введенного в премиксы препарата холинхлорида при температуре 25 °C. Определенные значения позволяют корректировать условия хранения готовой продукции.

Предложен метод определения холинхлорида в премиксах с использованием детектирующего устройства типа «пьезоэлектронный нос» на основе 6 пьезокварцевых резонаторов, фиксации одновременно частоты колебаний пьезокварцевых резонаторов и формирования суммарного сигнала в виде кинетического «визуального отпечатка». Метод обеспечил простоту и высокую точность определения; существенное снижение времени проведения анализа и его стоимости [7].

Методика сенсорной оценки содержания холинхлорида в премиксе предполагает использование «пьезоэлектронного носа» и включает расчёт хроматограмм на ПК. По образцам премиксов с известным содержанием холинхлорида получали «визуальные отпечатки» (зарегистрированные пики) (рис.7), определяли их площадь

(S) и строили градуировочный график зависимости площади «визуального отпечатка» от концентрации холинхлорида (c) (рис. 8). Полученный график использовали для определения содержания холинхлорида в премиксе в реальном масштабе времени на основе текущих измерений.

Предлагаемый экспресс-метод позволяет сократить общее время анализа и выполнить его в течение 1 мин, расширить пределы, снизить относительную погрешность измерений в четыре раза, существенно повысить точность определения витамина В₄.

В связи с существующей проблемой потери активности витаминов в премиксах, содержащих холинхлорид, проведены опыты по их хранению.

Исследован процесс хранения премикса с различным содержанием сыпучей формы холинхлорида. Объектом хранения являлся премикс рецепта П1-1 для кур-несушек с содержанием витамина в количестве 50...150 г/кг.

Хранение осуществлялось в условиях склада экспериментальной базы ОАО «Всероссийского научно-исследовательского института комбикормовой промышленности» с августа по декабрь месяц.

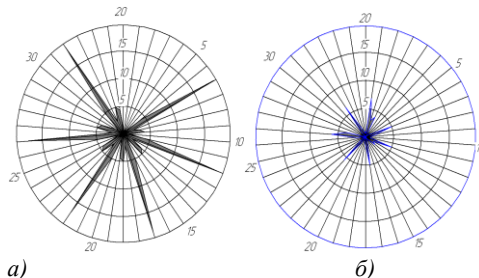


Рис. 7. «Визуальные отпечатки» хроматограмм при концентрации холинхлорида: а - 60 г/кг; б - 10 г/кг

При хранении температура изменялась от 1 до 9,2 °C, относительная влажность воздуха находилась в пределах $\varphi = 66 - 79$ %. В опытах использовались 4 варианта премиксов рецепта П1-1 с содержанием сыпучего холинхлорида 80; 120; 160 и 200 г/т.

Данные, полученные в ходе изучения качества премиксов на основе отрубей с различным содержанием нового препарата холинхлорида, представлены в табл. 3.

В течение опыта активная кислотность премиксов существенно не менялась и величина pH находилась в пределах 4,7 – 5,1.

В течении 5 мес хранения влажность премиксов изменялась по вариантам от 9,2...9,9 % в начале опыта до 11,5...14,9 % в конце опыта. Значительный рост влажности

наблюдался в продукции, содержащей холинхлорид в больших количествах. Так, через месяц хранения в премиксе, содержащем 160 кг/т витамина В₄, влажность возросла на 1,2 %, а в премиксе, содержащем 200 кг/т, на 3,3 % и превысила 13 %.

Через месяц хранения премиксов с различным содержанием холинхлорида активность витамина А в первых трех вариантах составила 91,8- 93,6 % от исходной. В конце 5 мес хранения витамин во 2 и 3 вариантах снизил свою активность на 28,8 - 51,3 %. Наиболее значительное его разрушение наблюдалось в продукции, содержащей 120 и 160 кг/т холинхлорида после 4 и 3 мес.

Следует отметить, что в течение 2 мес в хранящейся продукции витамин Е имел высокую стабильность в премиксах, содержащих 80 и 120 кг/т холинхлорида, и составил 83,5 - 91,8 % от исходного. Хранение продукции в течение 1 мес привело к снижению содержания витамина С. Его активность в вариантах составила 32,4-78,9 %.

После 2 мес хранения отмечено дальнейшее существенное разрушение витамина, особенно выражено в опытных партиях, имеющих повышенное содержание холинхлорида. Через 3 мес содержание витамина С в премиксах сократилось в 3...5 раз, и к концу опыта были обнаружены только его следы.

Т а б л и ц а 3

Изменение влажности и содержания витаминов в премиксах с различным количеством холинхлорида при хранении

Вариант премикса	Исходное содержание	Срок хранения, мес				
		Влажность, %				
1	9,2	9,6	10,3	10,8	11,0	11,5
2	9,6	10,6	11,4	12,1	12,9	13,8
3	9,8	11,0	12,3	13,5	14,7	14,9
4	9,9	13,2	14,8	-	-	-
Млн. М. Е./т		Витамин А, % к исходному				
1	1402,7	93,6	93,3	85,2	80,8	77,1
2	1383,8	93,4	87,0	82,2	80,4	71,2
3	1320,3	91,8	82,1	72,4	63,4	48,7
4	1350,8	73,4	-	-	-	-
г/т		Витамин Е, % к исходному				
1	573,3	93,6	91,8	85,3	81,4	80,3
2	524,8	91,4	89,3	80,9	75,6	70,8
3	507,8	92,8	83,5	73,6	69,7	53,3
4	550,4	80,2	-	-	-	-
г/т		Витамин В ₁ , % к исходному				
1	211,6	98,9	95,4	91,2	96,1	85,5
2	175,5	100,0	95,0	94,8	94,3	87,1
3	207,6	100,0	93,7	93,6	91,0	85,6
4	203,4	85,2	-	-	-	-
г/т		Витамин В ₂ , % к исходному				
1	585,7	100,0	94,5	91,2	96,4	93,3
2	526,8	97,9	99,4	94,6	92,7	94,7
3	518,7	98,4	94,5	91,8	91,3	92,7
4	513,3	85,6	-	-	-	-
кг/т		Витамин В ₄ , % к исходному				
1	80,9	99,2	99,0	98,2	98,9	97,5
2	119,8	98,6	96,7	97,8	97,3	96,0
3	161,5	98,6	99,0	99,8	99,5	96,6
4	203,4	99,0	-	-	-	-
кг/т		Витамин С, % к исходному				
1	5,45	78,9	71,6	58,3	31,4	Следы
2	5,37	71,3	66,5	36,5	17,8	Следы
3	5,31	75,0	71,4	40,3	22,4	Следы
4	5,23	32,4	-	-	-	-

Витамины В₁ и В₂ характеризовались более высокой устойчивостью, и потери их после 5 мес хранения в опытных и контрольных вариантах не превышали 10 %.

В процессе всего срока хранения премиксы, содержащие холинхлорид в количестве 80 и 120 кг/т, не слеживались, сохраняли сыпучесть и внешний вид без признаков порчи, объемная масса их существенно не менялась. Премикс, содержащий холинхлорид в количестве 160 кг/т, к концу четвертого срока хранения слежался, а премикс, содержащий 200 кг/т холинхлорида, уже к концу 1 мес хранения, и в нем были обнаружены признаки порчи.

В премиксе, содержащем 160 кг/т холинхлорида, увеличение угла естественного откоса и ухудшение технологических свойств наблюдалось через 3 мес хранения. Следовательно, ввод в премиксы большого количества холинхлорида приводит к снижению срока их безопасного хранения.

В ходе исследований было проведено сравнительное изучение влияния качества новой и применяемой форм холинхлорида на качество премиксов при хранении. Содержание витамина В₄ в продукции составило 120 кг/т. В данной таблице в скобках указано содержание в % витамина к его исходному содержанию в премиксе.

При анализе полученных данных не обнаружено достоверного различия в стабильности витаминов в премиксах, содержащих сыпучий импортный препарат и новый на основе сухого свекловичного жома.

Таким образом, результаты исследований позволяют рекомендовать для производства премиксов более дешевый препарат холинхлорида, произведенный на основе сухого свекловичного жома. Ввод его в количествах, предусмотренных большинством утвержденных рецептов, не оказывает отрицательного влияния на качество продукции при хранении. Эффективным способом увеличения сроков хранения премиксов с высоким содержанием холинхлорида является использование герметичной упаковки.

Изучение гигроскопических свойств премиксов с различным содержанием холинхлорида предполагало определение равновесной влажности по изменению количества влаги в продукте в процессе сорбции и десорбции.

Сорбционная влагоемкость премиксов с содержанием холинхлорида 120 кг/т при различных уровнях относительной влажности

воздуха не отличается от продукции, содержащей минимальное его количество (80 кг/т).

В ООО «Рудничное» проведены опыты по скормливанию цыплятам-бройлерам комбикорма рецептов ПК-5 и ПК-6, включающего премикс с новой формой холинхлорида. Результаты исследований свидетельствуют о высокой эффективности скормливания: прирост живой массы увеличился на 6,2 %, затраты корма на кормодень снизились на 4,2 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шенцова, Е.С. Технология комбикормов [Текст]: учеб. пособие / Е. С. Шенцова, А. А. Шевцов, Л. И. Лыткина. - Воронеж, 2004. - 204 с.
2. Совершенствование теплотехнологических процессов в производстве комбикормов [Текст]: монография / А. А. Шевцов, Л. И. Лыткина, Е. С. Шенцова, Р. М. Маджидов. - Воронеж, 2007. - 188 с.
3. Лечебно-профилактические добавки в кормопроизводстве [Текст]: монография / Е. С. Шенцова, А. А. Шевцов, Л. И. Лыткина, А. В. Пономарев. - Воронеж, 2009. - 208 с.
4. Технология комбикормов: новые подходы и перспективы [Текст] / А. А. Шевцов, В. Н. Василенко, Е. С. Шенцова, Л. Н. Фролова. - Воронеж, 2011. - 248 с.
5. Пат. 2276867 РФ, МПК⁷ А 23 К 1/16, С 07 С 215/40. Способ получения сыпучей формы порошкообразного холинхлорида из его водного раствора [Текст] / Шевцов А. А., Шенцова Е. С., Лыткина Л. И. [и др.]; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. - № 2005104740/04; заявл. 21.02.2005; опубл. 27.05.2006, Бюл. № 15.
6. Пат. № 2356907 РФ, МПК⁷ С 07 J 1/00, G 05 D 27/00. Управление процессом получения сыпучей формы порошкообразного холинхлорида из его водного раствора [Текст] / Шевцов А. А., Шенцова Е. С., Лыткина Л. И. [и др.]; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. - № 2007146080 / 04; заявл. 11.12.2007; опубл. 27.05.2009, Бюл. № 15.
7. Пат. 2412436 РФ, МПК⁷ А 23 Р 1/02, А 23 N 17/00. Способ определения количества холинхлорида в премиксах [Текст] / Шевцов А. А., Кучменко Т.А., Шенцова Е. С. [и др.]; заявитель и патентообладатель Воронеж. гос. технол. акад. - № 2009132062/13; заявл. 25.08.2011; опубл. 20.02.2011, Бюл. № 15.