

Курков Ю.Б., Бурмага А.В., Горбунов К.М. Исследование влияния режимов сушки гранул на их прочность при производстве субстратно-соево-морковных кормовых добавок

.....
**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**
=====

УДК 636.085.55: 631.663

Исследование влияния режимов сушки гранул на их прочность при производстве субстратно-соево-морковных кормовых добавок

Курков Ю.Б., Бурмага А.В., Горбунов К.М.

Дальневосточный государственный аграрный университет

Аннотация

Для получения качественных гранул, отвечающих зоотехническим требованиям по их составу и прочности при производстве субстратно-соево-морковных кормовых добавок необходимо качественное выполнение операций смешивания компонентов, их гранулирования и сушки. Поисковыми опытами определены факторы, оказывающие наибольшее влияние на прочность гранул при их сушке. К ним относятся: влажность гранул после пресс-гранулятора, время нахождения продукта и температура в сушильной камере. В результате математической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии второго порядка, устанавливающие зависимость прочности гранул от факторов варьирования. Определён характер влияния факторов на прочность гранул при производстве субстратно-соево-морковных добавок и осуществлении процесса их сушки. Установлено, что при увеличении влажности гранул после гранулятора свыше 40 % наблюдается нарушение целостности гранул, а увеличение температуры сушки до 76 °С приводит к повышению критерия оптимизации, но при дальнейшем увеличении данный фактор не оказывает влияния на процесс. Определены оптимальные значения технологических параметров процесса сушки. Влажность гранул после формующего устройства должна быть на уровне $W_n = 33...37\%$, время нахождения продукта в сушильной камере $T = 46...48$ мин, температура в сушильной камере $t = 72...74$ °С. Прочность гранул субстратно-соево-морковной смеси после процесса их сушки находится в пределах 95...98 %.

Ключевые слова: СУШКА, СОЛОМЕННО-ГРИБНОЙ СУБСТРАТ, СОЕВАЯ ОКАРА, МОРКОВЬ, ГРАНУЛА, ПРОЧНОСТЬ, УРАВНЕНИЕ РЕГРЕССИИ, ЗАВИСИМОСТЬ, ПАРАМЕТРЫ

Введение

В настоящее время при кормлении кроликов используют кормовые добавки с включением соломенно-грибного субстрата. Данные кормовые добавки производятся в виде гранул и включают измельченный отработанный соломенно-грибной субстрат, полученный при производстве грибов рода «Pleurotus» (вешенки), соевую окару, а также измельченную морковь (картофель) [1]. Использование таких кормовых добавок позволяет увеличить ежесуточный прирост живой массы животных и снизить стоимость кормов за счет включения в них отработанных субстратных брикетов.

На прочность гранул при производстве кормовых добавок с включением соломенно-грибного субстрата значительное влияние будут оказывать связующие свойства, входящих в состав смеси компонентов, конструктивные особенности и режимы работы пресс-гранулятора, влажность гранул после формующего устройства и режимы сушки сформированных при этом гранул.

Цели и задачи

Так как связующие свойства, входящих в состав смеси компонентов, конструктивные особенности и режимы работы пресс-гранулятора при производстве кормовых добавок с включением соломенно-грибного субстрата были определены ранее [1-3], то на данном этапе исследований была **поставлена следующая цель**: повышение прочности гранул при производстве субстратно-соево-морковных кормовых добавок путем обоснования технологических параметров процесса сушки.

Задачи исследований:

- 1) определить характер влияния факторов на прочность гранул при производстве субстратно-соево-морковных кормовых добавок;
- 2) определить оптимальные значения технологических параметров процесса сушки для получения прочных гранул.

Материалы и методы

Для оптимизации процесса был принят критерий – прочность гранул (*Pr*, %). Сово-

купной характеристикой прочности гранул является их крошимость (Kp , %), которая определялась по общепринятой методике [4]. Прочность гранул при этом определялась как величина обратная крошимости.

В результате предварительных поисковых опытов определены факторы и уровни их варьирования. Общий вид зависимости, подлежащей изучению можно представить в виде:

$$Pr = f(W_n; T; t) \rightarrow 100\%, \quad (1)$$

где W_n – влажность гранул после пресс-гранулятора, %;

T – время нахождения продукта в сушильной камере, мин;

t – температура в сушильной камере, °C.

Числовые значения варьируемых факторов при проведении экспериментальных исследований по определению прочности гранул для субстратно-соево-корнеплодного состава следующие:

- для фактора X_1 (W_n) – 45, 35, 25 (%);
- для фактора X_2 (T), мин. – 50, 40, 30 (мин.);
- для фактора X_3 (t) – 80, 70, 60 (°C).

Результаты исследований

Результаты по опытам для смеси в составе измельченных брикетов отработанного соломенно-грибного субстрата, измельченной в пасту моркови и соевой окары в весовом соотношении 1:1:1 приведены в таблице 1. После проведенных расчетов получены уравнения регрессии второго порядка для определения прочности гранул субстратно-соево-морковной смеси, которые имеют вид в кодированной форме:

$$Y = 99,84 + 5,9 \cdot X_1 + 7,47 \cdot X_2 + 3,77 \cdot X_3 - 2 \cdot X_1 \cdot X_2 - 4,08 \cdot X_1^2 - 11,17 \cdot X_2^2 - 7,33 \cdot X_3^2 \quad (2)$$

В раскодированной форме:

$$Pr = -484,73 + 1,95 \cdot W_n + 8,28 \cdot T + 9,89 \cdot t + 0,02 \cdot W_n \cdot T + 0,04 \cdot W_n^2 + 0,11 \cdot T^2 - 0,07 \cdot t^2 \quad (3)$$

Результаты регрессионного анализа показали высокую корреляцию полученной зависимости и высокую точность аппроксимации. При этом R -корреляция равна 0,975, коэффициент детерминации $R_2 = 0,950$, F -критерий - 10,544.

Таблица 1. Результаты опытов по определению прочности гранул для субстратно-соево-морковного состава

Факторы в безразмерной системе координат			Факторы в натуральном виде			Прочность гранул Pr , %
X_1	X_2	X_3	W_n , %	T , мин.	t , °C	
-1	-1	1	25,0	30,0	80,0	68,0
1	-1	-1	45,0	30,0	60,0	72,0
-1	1	-1	25,0	50,0	60,0	70,0
1	1	1	45,0	50,0	80,0	98,0
-1	-1	-1	25,0	30,0	60,0	64,0
1	-1	1	45,0	30,0	80,0	80,0
-1	1	1	25,0	50,0	80,0	78,0
1	1	-1	45,0	50,0	60,0	86,0
-1,215	0	0	22,85	40,0	70,0	91,0
+1,215	0	0	47,51	40,0	70,0	98,0
0	-1,215	0	35,0	27,85	70,0	70,0
0	+1,215	0	35,0	52,51	70,0	97,0
0	0	-1,215	35,0	40,0	57,49	85,0
0	0	+1,215	35,0	40,0	82,51	93,0
0	0	0	35	40,0	70,0	98,0

На основе этих данных получены экспериментальные графические зависимости в виде их поверхностей в трехмерной системе координат (рис. 1-3).

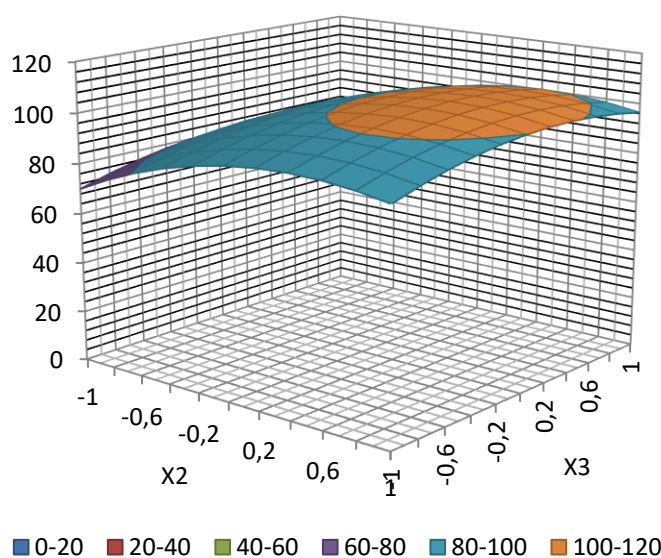


Рис. 1. Экспериментальная зависимость прочности гранул Pr от времени нахождения гранул в сушильной камере (X_2) и температуры в сушильной камере (X_3) при фиксации фактора X_1 на уровне 0,99

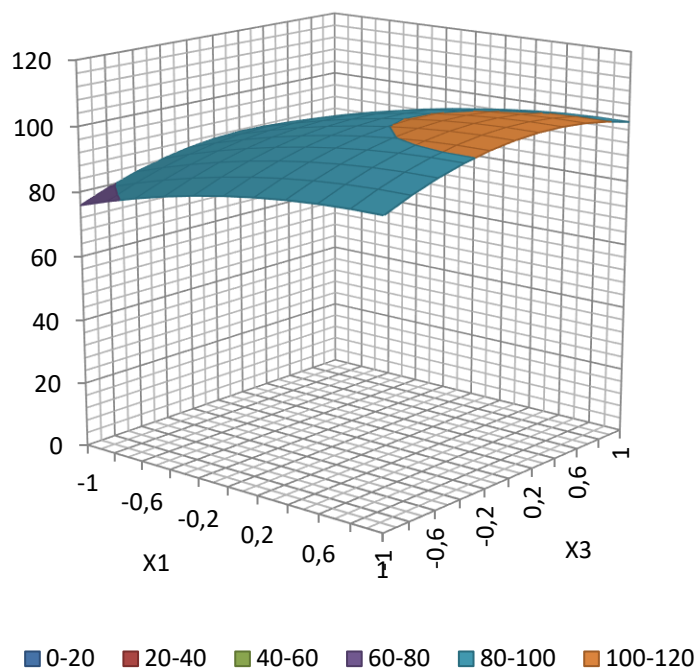


Рис. 2. Экспериментальная зависимость прочности гранул Пр от влажности гранул после пресс-гранулятора (X_1) и температуры в сушильной камере (X_3) при фиксации фактора X_2 на уровне 0,81.

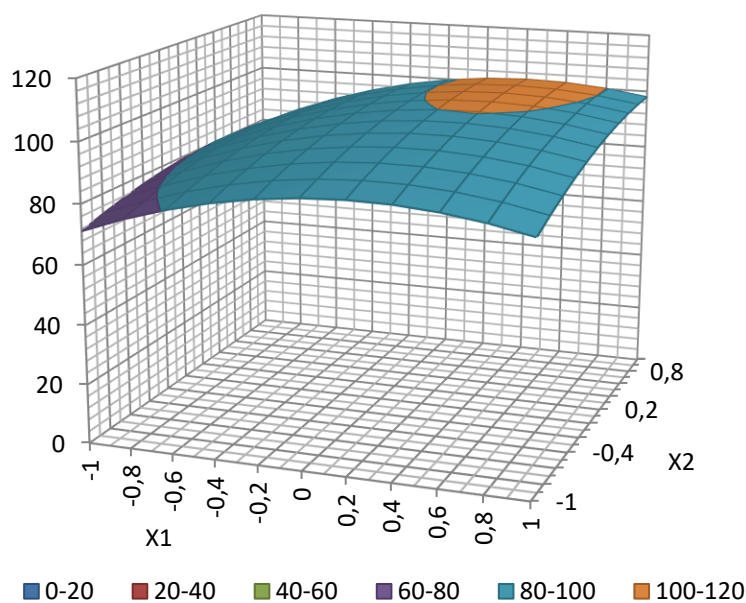


Рис. 3. Экспериментальная зависимость прочности гранул Пр от влажности гранул после пресс-гранулятора (X_1) и времени нахождения гранул в сушильной камере (X_2) при фиксации фактора X_3 на уровне 0,84.

Анализ экспериментальных зависимостей показал, что наибольшее значение прочности гранул $Pr = 95...98 \%$ зафиксировано при влажности гранул после гранулятора $X_1 (W_n)$ на уровне от $-0,2$ до $0,2$ ($33...37 \%$), времени нахождения гранул в сушильной камере $X_2 (T)$ в пределах $0,6...1$ ($46...50$ мин) и температуре в сушильной камере $X_3(t)$ равной $0,2...0,6$ ($72...76$ °C). Причем увеличение времени нахождения гранул в сушильной камере $X_2 (T)$ дольше 50 минут не приводит к дальнейшему увеличению плотности гранул.

При увеличении влажности гранул после гранулятора свыше 40% наблюдается нарушение целостности гранул. Увеличение температуры сушки до 76 °C приводит к повышению критерия оптимизации, но при дальнейшем увеличении данный фактор не оказывает влияния на процесс.

Заключение:

Экспериментально получены модели, характеризующие прочность гранул субстратно-соево-морковной смеси после процесса их сушки, которая находится в пределах $95...98 \%$.

При этом оптимальные значения параметров процесса сушки составляют:

- влажность гранул после формирующего устройства $W_n = 33...37 \%$;
- время нахождения продукта в сушильной камере $T = 46...48$ мин;
- температура в сушильной камере $t = 72...74$ °C.

Список использованных источников

1. Доценко С.М., Горбунов К.М., Школьников П.Н., Гончарук А.И. Научные основы разработки пресс-гранулятора для производства кормовых продуктов кроликам // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2017. - № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2017/2/st_204.doc.

2. Горбунов К.М., Курков Ю.Б. Математические модели процесса гранулирования кормовых смесей на основе соломенно-грибных субстратов и их анализ // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития. Тезисы докладов всероссийской научно-практической конференции. (Благовещенск, 17 апреля 2019 г.). / Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграр. ун-та, 2019. – С. 40 – 41.

3. Курков Ю.Б., Горбунов К.М. Анализ результатов экспериментальных исследований процесса смешивания при производстве субстратно-соево-корнеплодных кормовых добавок // Дальневосточный аграрный вестник. – 2021. - № 3 (59) – С. 78 – 86. Режим доступа:

Курков Ю.Б., Бурмага А.В., Горбунов К.М. Исследование влияния режимов сушки гранул на их прочность при производстве субстратно-соево-морковных кормовых добавок

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

<https://www.vestnik.dalga.ru/upload/iblock/a50/Kurkov.pdf>

4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 28497-2014 «Корма, комбикорма. Метод определения крошимости гранул. Feeds, compound feeds. Method of crumbling properties granule determination» (дата введения 2016-01-01). – Текст: электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200112293>

=====

Цитирование:

Курков Ю.Б., Бурмага А.В., Горбунов К.М. Исследование влияния режимов сушки гранул на их прочность при производстве субстратно-соево-морковных кормовых добавок [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 4. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/4/st_416.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/202124416>.