

DOI 10.25741 / 2413-287X-2023-09-2-203  
УДК 639.3.043

# ВЛИЯНИЕ СВЯЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА КАЧЕСТВО ГРАНУЛ КОМБИКОРМА ДЛЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

**Ж. КОШАК, А. КОШАК**, кандидаты тех. наук, РУП «Институт рыбного хозяйства», НАН Беларуси  
**А. ГОНЧАР**, ООО «СинерджиКом», Республика Беларусь  
E-mail: koshak.zn@gmail.com

*В статье описано влияние связующих веществ на структурно-механические свойства (твердость, насыпную плотность, крошимость, разбухаемость и пористость) гранул экструдированных комбикормов для радужной форели при различном содержании в них сырого жира. В исследованиях определены оптимальные дозировки связующих веществ.*

Ключевые слова: комбикорм для радужной форели, гранулы, структурно-механические свойства, связующее вещество, разбухаемость, насыпная плотность, твердость, крошимость, пористость.

## ВВЕДЕНИЕ

Комбикорма для радужной форели производятся по научно обоснованным рецептам и технологическому регламенту, позволяющему выпускать экструдированные гранулы с заданными структурно-механическими свойствами. К рыбным кормам, в том числе для радужной форели, в отличие от комбикормов для других видов животных предъявляются более жесткие требования. Первое из них обусловлено поведением гранул в воде: они должны быть либо быстро тонущими, либо медленно тонущими, либо плавать на поверхности воды. Радужная форель — хищная рыба, она реагирует на движение объектов в воде, поэтому для нее лучше всего подходит медленно тонущий корм. Однако рыбководческие хозяйства часто используют быстро тонущий, который не поедается форелью полностью, и, как следствие, они получают повышенные кормовые затраты. Второе требование предъявляется к плотности гранул и их твердости, которые обеспечивают не только тонучесть, но и возможность применять пневматические системы раздачи кормов. В случае невысоких величин этих показателей гранулы будут крошиться при подаче в систему, что также приведет к потерям комбикормов. Следовательно, крошимость, как и разбухаемость гранул, характеризующую их твердость и плотность, также нужно учитывать при производстве комбикормов для радужной форели.

Учитывать необходимо и технологические свойства компонентов при выборе режимов экструдирования. Например, невысокий уровень зернового сырья в них при

*The effects of binders on the structural and mechanical properties (hardness, bulk density, crumbling and swelling abilities, porosity) of pellets of extruded compound feeds for rainbow trout with different crude fat content were studied. The optimal doses of binders in feeds were determined.*

Keywords: compound feed for rainbow trout, pellets, structural and mechanical properties, binder, swelling ability, bulk density, hardness, crumbling ability, porosity.

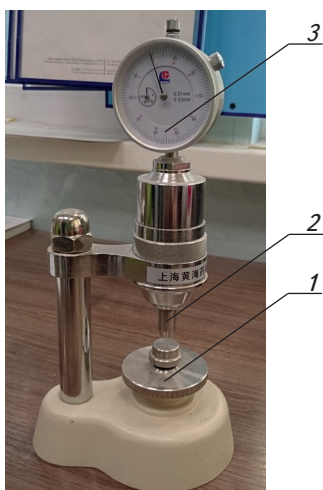
правильно подобранных технологических режимах обеспечивает минимальное вспучивание корма. Несмотря на это, у отечественных комбикормов часто наблюдается недостаточная прочность гранул. Для увеличения их плотности и твердости зарубежные производители кормов применяют закрепители (связующие вещества), главным образом на основе лигнина. В природе он выступает как связующее вещество, которое соединяет и скрепляет волокна растительной целлюлозы в древесине в процессе так называемой лигнификации. В результате увеличивается их компрессионная прочность.

Целью нашей работы было изучить, как изменяются структурно-механические свойства гранул комбикорма для радужной форели при использовании в их составе закрепителя.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований служил гранулированный производственный комбикорм с диаметром гранул 4 мм для радужной форели. Крошимость определяли по ГОСТ 28497-2014, разбухаемость — по ГОСТ 22834-87, насыпную плотность — по ГОСТ 30046-93 (ИСО 7971-86), твердость — по специально разработанной методике на твердомере (рис. 1).

Комбикорм экструдировали на экспериментальной линии, разработанной РУП «Институт рыбного хозяйства». Внешний вид аппарата для влаготепловой обработки



**Рис. 1. Твердомер для измерения твердости гранул методом разрушения:**

- 1 — поворотный столик для гранул;
- 2 — металлический разрушающий стержень;
- 3 — динамометр сжатия



**Рис. 2. Экспериментальная линия**

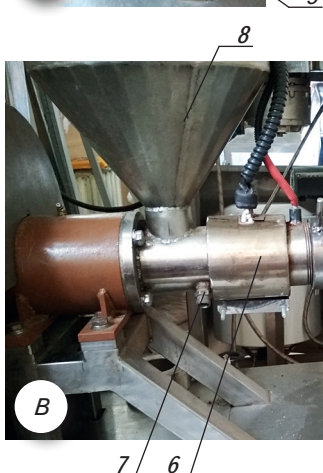
А) Установка для влаготепловой обработки и экструдирования комбикорма:

- 1 — аппарат для влаготепловой обработки;
- 2 — лабораторный экструдер



Б) Прессующий узел экструдера:

- 3 — фильера диаметром 4 мм;
- 4 — фиксирующее фильеру кольцо



В) Экструдер (вид сбоку):

- 5 — корпус с ножами для нарезки гранул;
- 6 — система подогрева ствола;
- 7 — форсунка для подачи пара в ствол;
- 8 — питатель

и экструдера производительностью 10 кг/ч представлен на рисунке 2.

В экструдере предусмотрена возможность изменять частоту вращения шнека с переменным шагом, когда необходимо в ствол подать пар или воду. Наличие охлаждающей головки позволяет снижать температуру продукта на выходе с целью сохранения в нем биологически активных веществ. Научная линия включает в себя также аппарат для вакуумного напыления жира, сухих мелкодисперсных компонентов (сухое молоко и др.), жидких компонентов (спирulina, глуминобиотики, фитобииотики, ферменты и т.п.).

Данная линия является уникальной на территории стран СНГ. Она разработана и изготовлена в НАН Беларуси и позволяет оптимизировать технологию производства экструдированных комбикормов для рыб с точки зрения получения гранул требуемого качества и состава с необходимыми структурно-механическими свойствами (крошимость, твердость, разбухаемость, плотность).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Компонентный состав экспериментальных производственных комбикормов для радужной форели был одинаковым, различались они соотношением компонентов. В частности, в них было разное количество рыбьего жира. Показатели питательности приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Показатели питательности комбикормов**

Образец	Массовая доля, %			
	влаги	сырого протеина	сырого жира	сырой клетчатки
1	11,13 ± 0,16	52,11 ± 0,21	12,00 ± 0,10	1,22 ± 0,02
2	10,96 ± 0,12	49,08 ± 0,15	15,10 ± 0,12	1,49 ± 0,04
3	11,00 ± 0,10	46,20 ± 0,10	18,10 ± 0,11	1,61 ± 0,02
4	11,14 ± 0,12	44,66 ± 0,20	20,34 ± 0,18	1,92 ± 0,07
5	11,18 ± 0,17	42,18 ± 0,11	23,18 ± 0,14	1,98 ± 0,05
6	11,42 ± 0,14	41,15 ± 0,17	26,06 ± 0,09	2,00 ± 0,01
7	11,52 ± 0,17	39,56 ± 0,21	30,12 ± 0,17	2,10 ± 0,04

В качестве закрепителя гранул в каждом опытном образце использовались кормовые добавки на основе лигнина производства ООО «СинерджиКом»: СинерджиСорб Детокс-мико (SynergySorb® Detox-мусо) в количестве 1,0; 1,5 и 2,0% от массы комбикорма и СинерджиСорб Лиграфикс (SynergySorb® Ligrafix) в количестве 0,1; 0,2 и 0,3%. Контролем служили комбикорм с закрепителем одного из европейских производителей в дозировке 1,0% и комбикорм, в котором в качестве связующего вещества применяли крахмал в количестве 5,0%.

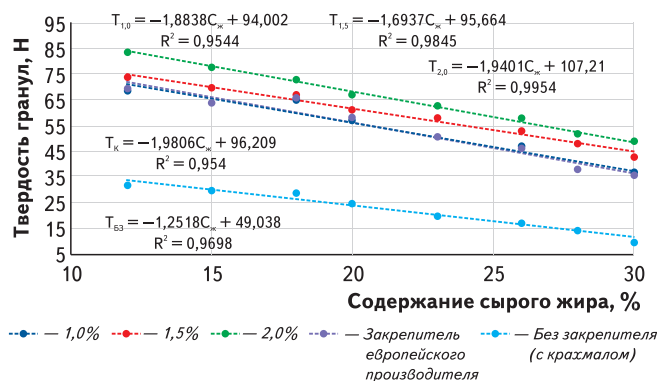
Были исследованы структурно-механические свойства комбикормов с различными дозировками закрепителей и без закрепителя (с крахмалом). Получены аналитические

и графические зависимости твердости гранул от дозировки СинерджиСорб Детокс-мико и СинерджиСорб Лиграфикс.

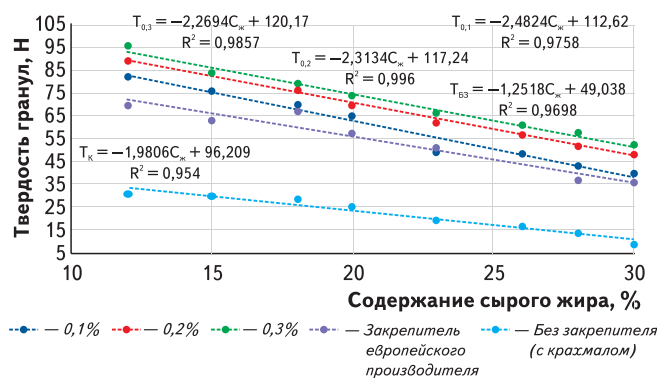
Данные на рисунке 3А показывают, что с увеличением дозировки СинерджиСорб Детокс-мико с 1,0 до 2,0% твердость гранул возрастает на 18% при содержании 12% сырого жира и на 24,5% при содержании 30% сырого жира. Однако в пределах одной дозировки закрепителя, например 1,0%, их твердость снижается на 46,4%. При использовании закрепителя европейского производителя (контроль) и СинерджиСорб Детокс-мико в дозировке 1,0% получены схожие результаты. Таким образом, СинерджиСорб Детокс-мико в дозировке 2,0% позволяет повысить потребительские свойства комбикорма для радужной форели. Следует отметить, что отсутствие специального закрепителя в составе комбикорма и применение крахмала в качестве связующего вещества не позволяют получить гранулу достаточной твердости, особенно при высоких уровнях содержания жира. Так, по сравнению с гранулами, где использовался 1,0% закрепителя и 30% рыбьего жира, твердость гранул без закрепителя (с крахмалом) снижалась на 73%.

При применении закрепителя СинерджиСорб Лиграфикс в количестве 0,2% и 0,3% от массы комбикорма достигается наибольшая твердость гранул (рис. 3Б). К тому же его дозировки на порядок ниже дозировок СинерджиСорб Детокс-мико, что экономически более выгодно. Установлено, что при повышении содержания сырого жира с 12 до 30% и дозировке СинерджиСорб Лиграфикс 0,1% твердость гранул снижается на 51,2%, что несколько больше, чем при использовании закрепителя СинерджиСорб Детокс-мико. Однако с учетом разницы в дозировках закрепителей такое снижение твердости можно считать несущественным. В то же время с ростом дозировки СинерджиСорб Лиграфикс в пределах одной группы по содержанию сырого жира твердость гранул увеличивается: на 14,6% при 12% жира и на 24,5% при 30% жира. Обращает на себя внимание тот факт, что при использовании крахмала в составе комбикорма твердость гранул существенно ниже — на 75% по сравнению с гранулами, содержащими 30% жира и 0,1% СинерджиСорб Лиграфикс. По твердости гранулы с закрепителями СинерджиСорб Детокс-мико и СинерджиСорб Лиграфикс превосходили контрольный вариант, где использовался закрепитель европейского производителя.

Были также изучены такие структурно-механические свойства, как насыпная плотность, крошимость и разбухаемость гранул. По данным показателям наблюдается аналогичная с твердостью ситуация. При использовании закрепителей увеличиваются насыпная плотность и разбухаемость гранул, крошимость снижается. Результаты, представленные в таблице 2, показывают, что при дозировке СинерджиСорб Детокс-мико 1,0 и 1,5% и содержании 30% сырого жира крошимость превышала по этому показателю требования ГОСТ 10385-2014 «Комбикорма для рыб. Общие технические условия», согласно кото-



А) При использовании СинерджиСорб Детокс-мико



Б) При использовании СинерджиСорб Лиграфикс

Рис. 3. Твердость гранул в зависимости от содержания сырого жира и закрепителя

рым она должна быть не более 3,0% для экономичного экструдированного комбикорма, для оптимального — не более 2,0%. При дозировках СинерджиСорб Лиграфикс 0,1 и 0,2%, а также при рекомендуемой дозировке контрольного закрепителя 1,0% крошимость также превышала нормированную ГОСТ 10385-2014 для оптимальных комбикормов для лососевых рыб (2,0%). При использовании крахмала в количестве 5,0% и при содержании свыше 20% жира крошимость гранул значительно возрастает. Однако в большем количестве крахмал не рекомендуется применять, это ограничение связано с «диабетическим» обменом веществ у радужной форели [1; 2]. Оптимальными для обеспечения низкой крошимости гранул при различном количестве жира в их составе являются следующие дозировки: 2,0% для СинерджиСорб Детокс-мико и 0,3% для СинерджиСорб Лиграфикс.

Насыпная плотность увеличивается с повышением дозировок закрепителей, а с повышением содержания сырого жира снижается: при 2,0% СинерджиСорб Детокс-мико — на 23,6%, при 0,3% СинерджиСорб Лиграфикс — на 17,4%, при дозировке контрольного закрепителя 1,0% — на 16,7%. При вводе крахмала в количестве 5,0% насыпная плотность уменьшается на 36%, причем уже при 12% сырого жира она недостаточна, чтобы гранула медленно тонула в воде [3].





**Таблица 2. Крошимость, насыпная плотность и разбухаемость гранул в зависимости от вида и дозировки закрепителя и содержания жира**

Содержание сырого жира, %	СинерджиСорб Детокс-мико						СинерджиСорб Лиграфикс						Закрепитель европейского производителя			Без закрепителя (с крахмалом)								
	1,0%		1,5%		2,0%		0,1%		0,2%		0,3%		1,0%			5,0%								
12,00	0,8	565	180	0,6	650	200	0,5	720	250	0,7	590	170	0,6	600	190	0,5	690	210	0,5	600	230	1,0	580	160
15,10	1,0	562	170	0,8	600	190	0,7	680	230	0,9	586	165	0,8	596	185	0,7	615	200	0,6	588	210	1,5	560	130
18,10	1,2	560	160	1,0	564	170	0,9	650	210	1,2	572	155	1,0	589	175	0,9	600	190	0,8	585	200	1,8	500	100
20,34	1,6	554	130	1,3	558	150	1,2	600	200	1,6	564	125	1,1	576	160	1,0	590	180	1,0	570	180	2,0	470	80
23,18	2,6	550	110	1,6	553	120	1,5	567	175	1,9	553	120	1,4	570	150	1,2	575	160	1,3	563	170	2,5	440	70
26,06	2,8	546	90	2,0	550	110	1,8	560	160	2,0	550	85	1,6	568	145	1,6	570	150	1,6	550	160	2,9	410	65
28,00	2,9	540	75	2,6	548	90	1,9	558	140	2,7	548	80	2,0	557	130	1,8	560	140	2,0	530	135	3,2	390	45
30,12	3,5	532	60	3,2	540	70	2,0	550	120	3,4	545	55	2,2	550	120	2,0	570	130	2,5	500	110	3,8	372	28

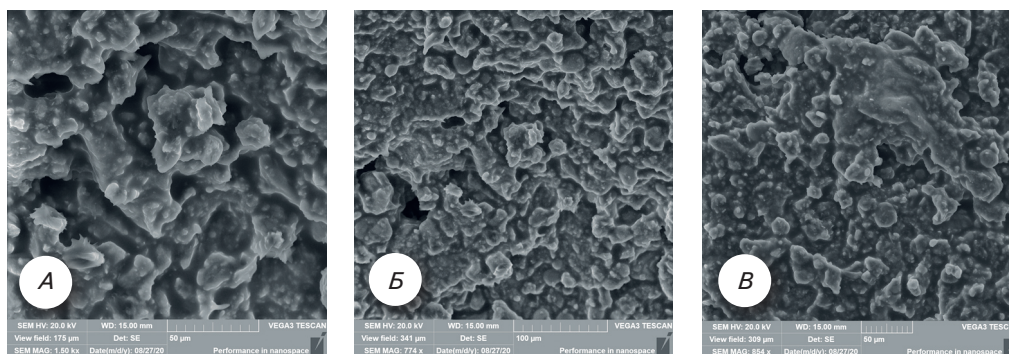
■ — Крошимость, % ■ — Насыпная плотность, кг/м<sup>3</sup> ■ — Разбухаемость, мин

Анализируя данные об исследовании разбухаемости гранул, можно сказать, что значения этого показателя растут с повышением дозировок закрепителей: все образцы комбикорма, за исключением гранул с крахмалом, при содержании в них 28 и 30% сырого жира удовлетворяли нормативным требованиям (первоначальный объем комбикорма увеличивался в воде вдвое не менее чем за 30 мин).

Заметим, что структура гранул при использовании закрепителя (при оптимальных режимах производства экструдированных комбикормов) отличается от структуры гранул без закрепителя (рис. 4). Пористость первых снижается благодаря связывающим свойствам закрепителей, поэтому их применение является обоснованным и позволяет регулировать структурно-механические свойства гранул комбикорма для радужной форели.

## ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований можно заключить, что использование закрепителей СинерджиСорб Детокс-мико и СинерджиСорб Лиграфикс в дозировках соответственно 2,0% и 0,3% оптимально для производства гранул экструдированного комбикорма с необходимыми структурно-механическими свойствами. Лигниновые закрепители способствуют увеличению



**Рис. 4. Поперечный срез гранулы экструдированного комбикорма:**

- А — гранула без закрепителя, с крахмалом (площадь поры 1035 мкм<sup>2</sup>);  
 Б — гранула с закрепителем европейского производителя (площадь поры 673,9 мкм<sup>2</sup>);  
 В — гранула с закрепителем СинерджиСорб Лиграфикс (площадь поры 426 мкм<sup>2</sup>)

твердости, насыпной плотности и разбухаемость гранул комбикорма для радужной форели, а также уменьшению их крошимости. Их применение позволит повысить эффективность производства и потребления комбикормов, в том числе за счет снижения потерь при транспортировке и кормлении рыб.

## Литература

- Скляр, В. Я. Корма и кормление рыб в аквакультуре // В. Я. Скляр. — М.: ВНИРО, 2008. — 150 с.
- Щербина, М. А. Переваримость и эффективность использования питательных веществ искусственных кормов у карпа / М. А. Щербина. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 132 с.
- Вик, Г. Управление плавучестью кормов для аквакультуры / Г. Вик, Д. Кернс, Е. Булах // Комбикорма. — 2016. — № 3. — С. 30–32. ■