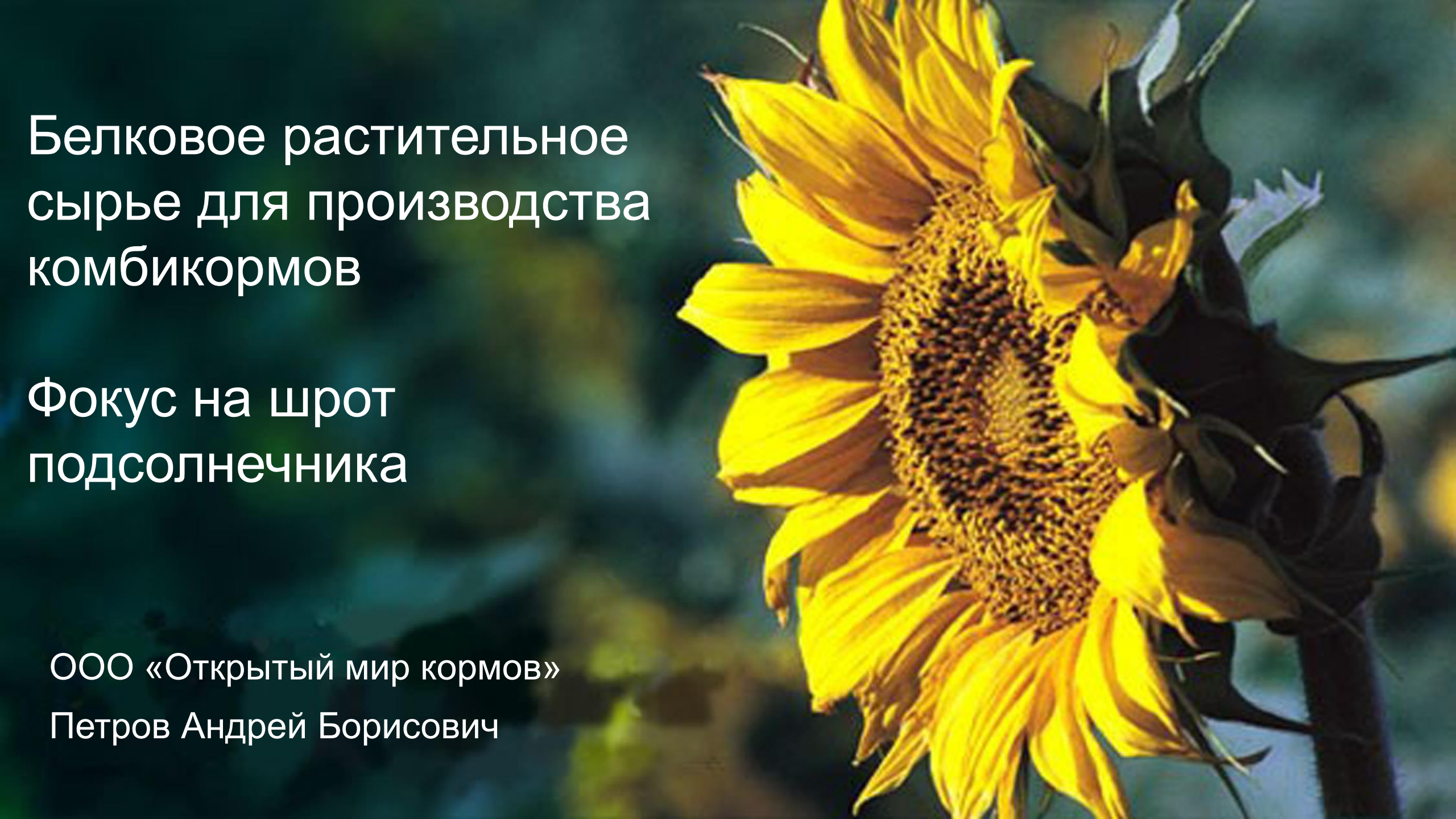
Белковое растительное сырье для производства комбикормов

Фокус на шрот подсолнечника



ООО «Открытый мир кормов»

Петров Андрей Борисович

Мировое производство шротов по странам и количеству в 2015 году (млн. тонн в год)

Соевый шрот		Рапсовый шрот		Шрот подсолнечника		Прочие шрота	
Страна	Кол-во	Страна	Кол-во	Страна	Кол-во	Шрот	Кол-во
США	40	Китай	11	Украина	4,6	Хлопковый	13,65
Бразилия	30	Индия	3	ЕС-27	3,84	Арахисовый	6,54
Аргентина	33	ЕС-27	14,7	**Россия**	**3,6**	Пальмоядровый	8,2
Китай	64	Канада	4,5	Аргентина	1,2	Рыбная мука	4,25
ЕС-27	11	Япония	1,3	Турция	0,5		
Прочие	38	Прочие	3,5	Прочие	2,26	Прочие	4,36
Итого	216	Итого	38	Итого	16	Итого	37

Всего мировое производство шротов (кормового белкового сырья) – 307 млн. тонн

Объем производства, импорта и экспорта масличных культур и шрота в России в 2015 году

Культура	Производство масличных семян, млн. тонн/год	Импорт (шрота/ масличных семян), млн. тонн/год	Выход шрота из масличных семян, %	Производство шрота, млн. тонн/год	Внутреннее потребление, млн. тонн/год	Экспорт шрота, млн. тонн/год
Подсолнечник	9,0		42	3,81	2,424	1,416
Рапс	1,1	0,180	60	0,66	0,840	
Соя	2,7	2,25	77	3,81	3,56	0,25

Экономика выращивания масличных и зерновых культур в России в 2015 году

Регион	Воронежская область				
Культура	Соя	Рапс	Подсолн.	Пшеница	Кукуруза
Урожайность, ц/га	14,3	12,4	23,5	27,1	47,2
Цена, тыс. руб/тонна	24	26	24	9,5	9
Выход с гектара, тыс. руб	34,3	32,2	56,4	25,6	42,5

Экономика выращивания масличных и зерновых культур в России в 2015 году

Регион	Краснодарский край				
Культура	Соя	Рапс	Подсолн.	Пшеница	Кукуруза
Урожайность, ц/га	15,6	23,6	24,4	57,5	54
Цена, тыс. руб/тонна	24	26	24	9,5	9
Выход с гектара, тыс. руб	37,4	61,4	58,5	54,6	48,6

Экономика выращивания масличных и зерновых культур в России в 2015 году

Регион	Республика Башкортостан				
Культура	Соя	Рапс	Подсолн.	Пшеница	Кукуруза
Урожайность, ц/га	10,6	7,8	12,0	18,1	36
Цена, тыс. руб /тонна	24	26	24	9,5	9
Выход с гектара, тыс. руб	25,4	20,3	28,8	17,2	32,4

Экономика выращивания масличных и зерновых культур в Аргентине в 2015 году

Страна	Аргентина				
Культура	Соя	Рапс	Подсолн.	пшеница	кукуруза
Урожайность, ц/га	29,3		20,0	29,2	79,4
Цена, тыс. руб/тонна	24,0		25,0	13,0	10,4
Выход с гектара, тыс. руб	70,3		50,0	40,0	82,6

Соотношение оболочек семян и белковой фракции в различных шротах (семенах)

Вид шрота, семян	Соя, семена	Шрот подсолнечника	Шрот рапса
Содержание белковой фракции, %	92	70-80	70-76
Содержание оболочек, %	8	25 (20-30)	25 (24-30)

Состав белковой фракции шротов сои, рапса и подсолнечника(в % в сухом веществе)

Шрот	Подсолнечника	Соевый	Рапсовый
Сырой протеин	53 (50-60)	53,5	48 (44-52)
Общая диетическая клетчатка	19	20,1 (17-29)	22
Целлюлоза	4,0	3,5	5
Гемицеллюлоза	8,0	5,9	6
Пектин	5,3	9	10
Лигнин	1,7	1,6	1,7
Моно и олигосахара, всего	11,5	15,4 (10-17)	14
Сахароза	6,5 (4,5-7)	7,5 (6-8)	10
Стахиоза		5,5 (4-6)	
Вербаскоза		0,3	
Рафиноза	3,5 (2,5-4)	1,3 (0,9-1,5)	3,5
Сырой жир	0,8-3	1,5 (1-2)	1-3
Полифенолы, всего	5-7		4,5 (3-6)
Хлорогеновая кислота	3-5		
Зола	9,2	7,7	10 (8-11)
Кальций	0,55	0,4	0,6-0,7
Фосфор	1,2-1,5	0,65	1,5
Фитиновый фосфор	0,8-1,15	0,4	1

Состав оболочек семян сои, рапса и лузги подсолнечника (в % в сухом веществе)

Культура	Подсолнечник	Соя	Рапс
Содержание протеина	5 (4-6)	10 (9-13)	17-22
Общая диетическая клетчатка	83,9	75	74
Целлюлоза	26	43 (29-51)	24
Гемицеллюлоза	25	18 (10-20)	14
Пектин	8	12 (6-15)	10
Лигнин	22,9	2,4	26
Олигосахара, всего	1,5	1,6	2,6
Крахмал		5,5	
Жир		2,2	1
Полифенолы, всего			0,5
Хлорогеновая кислота			
Зола	3,6	5,3	5
Кальций	0,4	0,55	1,4
Фосфор	0,1	0,16	0,2

Использование шрота подсолнечника в кормлении цыплят-бройлеров



Эффект соевого шрота различного происхождения и шрота подсолнечника по привес, потребление корма у цыплят бройлеров 1-21 день (G.G Irish, D. Balnave, 1993)

	Привес, г		Потребление корма, г		Конверсия корма г/г	
Шрот подсолнечника	0%	7,5%	0	7,5%	0	7,5%
Соевый шрот 1	377	514	782	935	2,07	1,82
Соевый шрот 2	392	480	802	928	2,05	1,94
Соевый шрот 3	352	526	810	942	2,33	1,79
Соевый шрот 4	381	491	824	809	2,17	1,84
Соевый шрот 5	353	473	784	956	2,23	2,03
Соевый шрот 6	364	488	827	926	2,29	1,90
Соевый шрот 7	388	500	827	888	2,14	1,78
Соевый шрот 8	371	406	844	805	2,28	1,99
Средние	372	485	812	910	2,20	1,89

Зоотехнические результаты испытаний высокопротеинового шрота подсолнечника (47% в св) в количестве 10%, 15% и 20% на цыплятах-бройлерах (ВНИТИП, 2008)



Показатель	Группа			
	1 к	2 оп. 10%	3 оп. 15%	4 оп. 20%
Сохранность, %	97,2	100,0	100,0	100,0
Живая масса в возрасте: в 1 сутки, г	40,1	40,1	40,0	40,1
в 21 день, г	830,3	845,0	849,7	848,9
В 37 дней в среднем, г	2078,1	2171,3	2180,4	2126,8
Среднесуточный прирост живой массы, г/день	55,08	57,6	57,8	56,4
Расход корма на 1 кг живой массы, кг	1,67	1,53	1,52	1,56

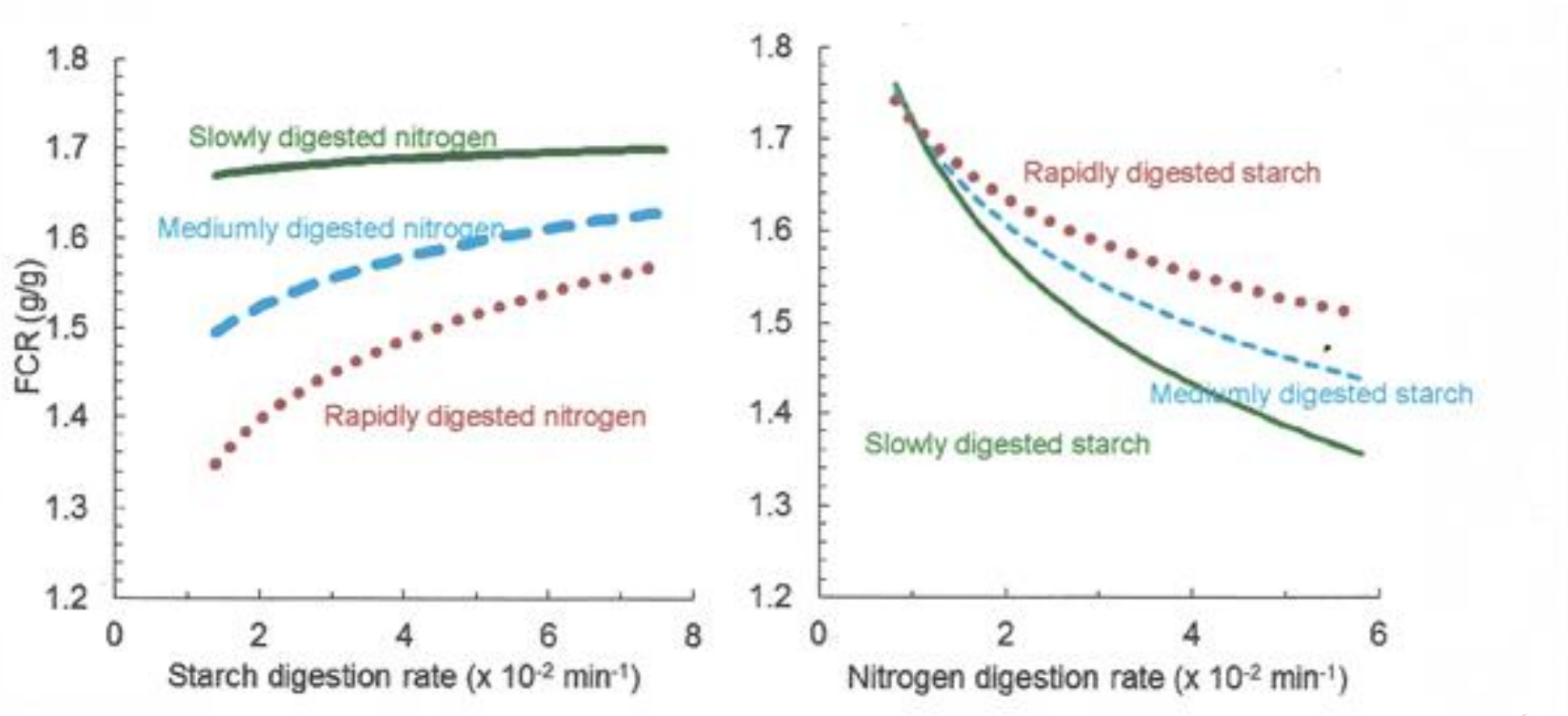
Ввод 0%, 8%, 16% и 24% низкопротеинового шрота подсолнечника в корма (соевый, подсолнечный шрот, кукуруза) для свиней весом 30-100 кг с/без ферментов (Araujo, 2014)

	Уровень ввода низкопротеинового шрота подсолнечника			
	0%	8%	16%	24%
	Среднесуточный привес (г/день)			
С ферментом	1026	1061	957	981
Без фермента	983	1010	991	919
	Конверсия корма (г/г)			
С ферментом	2,40	2,53	2,63	2,60
Без фермента	2,57	2,65	2,54	2,66

Все рационы имеют одинаковую питательность, содержание протеина, лимитирующих аминокислот.



Зависимость конверсии корма от скорости гидролиза/переваривания крахмала и протеина у бройлеров (Liu, Selle, 2015)



Количество аминокислот в воротной вене в течении 8 часов после кормления к потребленным аминокислотам у поросят (Li и др, Animal, 2008)

	Резистентный крахмал	**Кукуруза**	**Коричневый рис**	**Липкий рис**
Лейцин	29.01	49.17	50.76	43.09
Лизин	57.79	57.93	41.75	41.99
Метионин	41.23	52.10	73.11	45.44
Фениланин	29.22	57.24	70.25	65.93
Треонин	80.05	74.26	85.53	66.71
Все аминокислоты	48.39	63.76	61.80	63.76



Кинетика переваривания/гидролиза протеина различных шротов/жмыхов и зерновых культур в рубце жвачных животных (NRC, 2001)

Фракции протеина

A – мгновенно распадаемый в рубце протеин,
B – распадаемый в рубце протеин со скоростью Kd,
C – не распадаемый протеин.

	A,%	B,%	Kd, % в час	C,%
Соевый шрот, 48%	15	84,4	7,5	0,6
Соевый жмых	8,7	91,3	2,4	0
Шрот подсолнечника	42	52,8	29,2	5,2
Жмых подсолнечника	6	88	7,5	6
Рапсовый жмых	23,2	70,4	10,4	6,4
Ячмень	30,2	61,2	22,7	8,6
Кукуруза	23,9	72,5	4,9	3,6

Скорость ферментативных реакций (уравнение Михаэлиса-Ментен)

$$u = u_{max} / (1 + Km/[S])$$

u = скорость реакции
umax = теоретический максимум скорости реакции
Km = константа Михаэлиса
[S] = Концентрация субстракта

- В твердых частицах, концентрация субстракта для прохождения ферментативной реакции определяется площадью поверхности.
- Площадь поверхности в частицах корма определяется пористостью частицы, так как внутренняя площадь поверхности пор значительно превосходит внешнюю площадь поверхности частицы.
- Пористость материала зависит от его природы и технологических режимов производства.

При изменении скорости гидролиза протеина и крахмала могут меняться требования и профиль идеального протеина

Антипитательные факторы шрота подсолнечника

- Лузга
- Фитиновая кислота
- Хлорогеновая кислота
- Ингибиторы пищеварительных ферментов
- Связанные и свободные окисленные формы липидов
- Продукты реакции Майера (Mailard)



Лузга



- Содержание лузги в шроте подсолнечника с протеином 39% - 22%-28%.
- Для моногастричных животных и птицы переваримость лузги близка к 0. Ферменты практически не влияют на переваримость.
- В количестве 2-3% в корме для птицы лузга может быть оптимальным ингредиентом, так как стимулирует развитие мускульного желудка. Лузга может быть полезным ингредиентом для родительского стада, когда нужно ограничить количество потребляемой энергии птицей.
- У свиней лузга снижает потребление корма, так как является жестким компонентом, незначительно увеличивает эндогенные потери.Лузга может быть полезным компонентом корма для супоросных свиноматок для снижения количества потребляемой энергии.
- Переваримость лузги у жвачных животных – около 18%. Лузга снижает потребление корма, так как крупная лузга надолго остается в рубце.

Технология удаления лузги из семян и шрота

Обрушивание семян подсолнечника перед отжимом масла

Снизить количество удаляемой лузги в процессе обрушивания семян подсолнечника сверх используемого в настоящее время уровня проблематично, так как:

- гибриды высокомасличных семян подсолнечника плохо обрушиваются,
- с увеличением количества удаляемой лузги увеличиваются потери,
- пресса спроектированы на содержание лузги в мятке не менее 8%, что приводит к содержанию лузги в шроте не менее 18%.

Технология удаления лузги из семян и шрота

Механическое удаление лузги из шрота подсолнечника

Исходный шрот подсолнечника с содержанием протеина 39% в СВ

Наименование фракции	Количество, %	Содержание протеина в СВ, %
Высокопротеиновый шрот подсолнечника	65-70	48-52
Шрот подсолнечника	5-15	39-40
Лузга подсолнечника	19-25	8-12

Фитиновая кислота

- В подсолнечнике большое количество фитинового фосфора (фитиновой кислоты). Белковая фракция шрота подсолнечника содержит 0,8-1,15 фитинового фосфора (2,8-4,1% фитиновой кислоты).

- Фитиновая кислота снижает растворимость протеина и скорость его гидролиза, переваримость.

- При использовании фитазы в кормах со шротом подсолнечника необходимо учитывать большую концентрацию фитинового фосфора и, соответственно, увеличивать концентрацию фитазы.

Хлорогеновая кислота и полифенолы

- В семенах/шроте подсолнечника содержится значительное количество полифенолов.
- Основной полифенол – хлорогеновая кислота (эфир кофейной и хинной кислот), примерно 70% от общего количества полифенолов. В белковой фракции шрота подсолнечника в среднем содержится 4-5% хлорогеновой кислоты.
- Полифенолы содержатся во многих других растительных продуктах (кофе, картофель, яблоки, бананы и т.д.). В растворимом кофе находится порядка 10% хлорогеновой кислоты.
- Функции полифенолов в растениях – защита, в том числе антиоксидантная.
- Концентрация полифенолов зависит от сорта семян.
- Концентрация полифенолов увеличивается при стрессовых ситуациях, дефицит питательных веществ, влаги, жара.

Хлорогеновая кислота и полифенолы

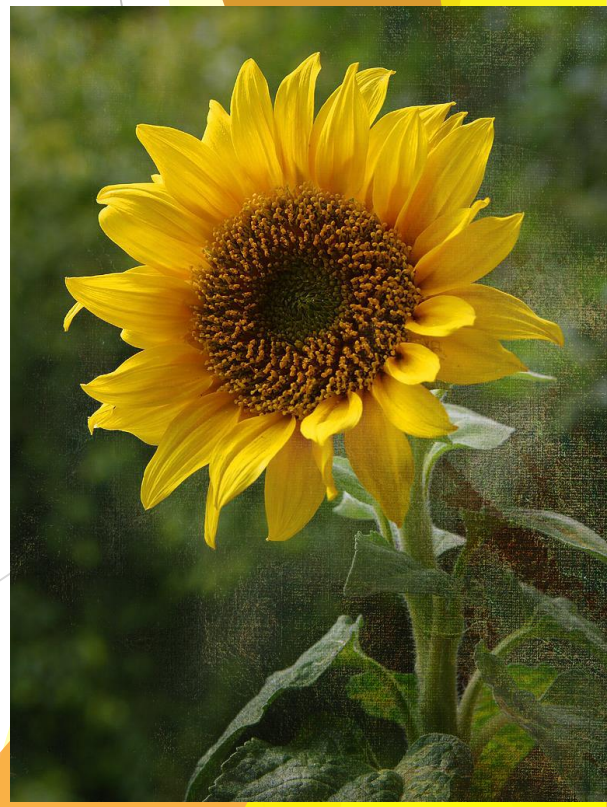
- В шроте подсолнечника хлорогеновая кислота (полифенолы) может быть в связанной и свободной форме.
- В связанной форме в виде соединений с белками, клетчаткой и т.д находится 25-60 % хлорогеновой кислоты. При этом часть связанной хлорогеновой кислоты имеет прочные ковалентные связи с протеином (32%), оставшаяся в виде водородных и ионных связей.
- В лузге хлорогеновая кислота находится в основном в связанной форме.
- При окислении хлорогеновой кислоты, образуются хиноны, которые черезвычайно реакционноспособны и формируют прочные ковалентные связи с белками, прежде всего с лизином, цистином, триптофаном. Один грамм лизина может связать 5 грамм хлорогеновой кислоты.
- Окисленные формы хлорогеновой кислоты легко полимеризуются, формируя меламины. Пример меламинового полимера – черная пленка на лузге.
- Все полифенолы обладают антибактериальными свойствами.

Хлорогеновая кислота и полифенолы

- Хлорогеновая кислота в пищеварительном тракте плохо всасывается. Но под действием гидролитических ферментов происходит распад хлорогеновой кислоты на кофейную и хинную кислоты.
- Кофейная кислота имеет высокую скорость всасывания. В организме проявляет антиоксидантные свойства.
- Хлорогеновая кислота в опытах in vitro взаимодействует с пищеварительными ферментами, инактивируя их. Но в практических условиях данные эффекты не столь очевидны. За исключением ингибирования панкреатической альфа-амилазы и глюкоамилазы у поросят.
- Испытания по вводу хлорогеновой кислоты в корм цыплят-бройлеров до 0,6% показало отсутствие каких либо эффектов на скорость роста, переваримость и конверсию корма (Trevino, 1998).
- Рекомендации – не превышать концентрации в корме 1%.

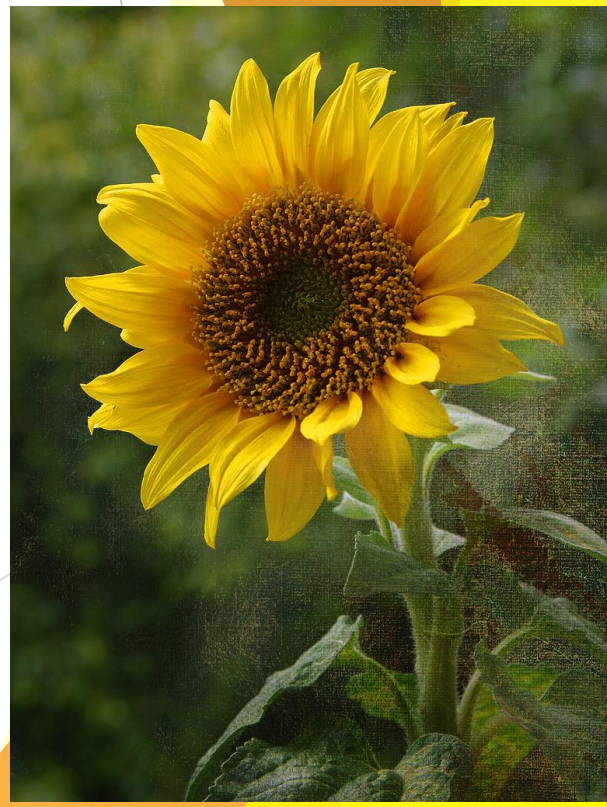
Ингибиторы ферментов в подсолнечнике

- Bowman-Birk (SFTI-1) – ингибитор трипсина. Циклический ингибитор, состоящий из 14 аминокислот.
- Содержание ингибитора ферментов в семенах подсолнечника может изменяться в зависимости от сорта семян.
- Судя по всему, тепловая обработка инактивирует действие ингибиторов ферментов.
- Хлорогеновая кислота (полифенолы) – потенциальный ингибитор трипсина, ингибитор альфа-амилазы, глюкоамилазы.



Резистентные для гидролиза протеазами фракции протеина подсолнечника

- LTP, SFA8 протеины (фракция 2S альбуминов) подсолнечника резистентные для гидролиза пищеварительными ферментами и обладают свойствами аллергенов (Berecz, 2013).
- Данные группы протеинов термически стабильны до 100 градусов Цельсия, имеют высокое содержание лизина, метионина, что сказывается на переваримости данных аминокислот.



Связанные и свободные окисленные формы липидов

- Окисленные формы липидов формируют ковалентные связи с протеином.

- Под действием давления, температуры в присутствии кислорода происходит автоокисление липидов.

Пример: при плющении зерновых (70 градусов Цельсия, зазор 0,3 мм) снижение концентрации аминокислот:
- метионина 13%-26%,
- триптофана – 10%-20%.

Коэффициент корреляции между концентрацией окисленных форм липидов и снижением концентрации аминокислот составляет 85%-95% (Horvatić, Vedrina-Dragojević, 2000).

Взаимодействие протеина и сахаров (реакция Майера)

При повышенной температуре происходит связывание сахаров с протеином, прежде всего с лизином. В результате образуется не перевариваемые формы лизина.

Жмых/шрот подсолнечника. Различия в параметрах и переваримости

(Villamide, Sun Juan, British Poultry Science, 2000)

Жмых подсолнечника	
Продукт	Обменная энергия, МДж/кг
Жмых подсолнечника низко протеиновый, испытание	9,46
Восстановленный жмых из шрота и масла, испытание	11,49
Жмых: шрот подсолнечника + масло, расчет	12,12

Семена подсолнечника	
Продукт	Обменная энергия, МДж/кг
Семена подсолнечника, испытание	16,2
Восстановленные семена из жмыха и масла, испытание	17,47
Восстановленные семена из шрота и масла, испытание	17,7
Семена: шрот подсолнечника+ масло, расчет	19,46

Лузга в порах удерживает масло, делая его недоступным для пищеварительной системы.

Практика производства шрота подсолнечника

1. Допускается «обогащении» шрота отходами переработки масла (гидрофуз, соапсток, погоны дезодорации)

- увеличение перекисного и кислотного числа шрота подсолнечника,
- снижение переваримости протеина

2. Добавление в шрот отходов очистки семян (сора)

- снижение переваримости, увеличение клетчатки и золы.
- неконтролируемое внесение в шрот бактериальной флоры, пестицидов, гербицидов

3. Различные технологические схемы и единицы оборудования

4. Грануляция шрота

- грануляция шрота осуществляется в режимах, значительно более жестких, чем грануляция корма
- значительное снижение пористости шрота и скорости гидролиза протеина
- формирование ковалентных связей между полифенолами и протеином (лизин, цистин,триптофан)
- формирование липид-протеиновых комплексов (метионин, триптофан)
- формирование меламиновых полимеров комплексом полифенолов, протеина, липидов
- снижение переваримости протеина шрота подсолнечника как минимум на 5%

Нерешённые вопросы определения параметров шрота подсолнечника

1. В таблицах питательности кормовых ингредиентов не учитываются следующие параметры шрота подсолнечника:

- Гранулированный/рассыпной шрот подсолнечника, режимы грануляции
- Содержание хлорогеновой кислоты (полифенолов) и их соединений с протеином
- Наличие связанных форм липидов
- Режимы тепловой обработки и влияние на переваримость протеина

2. Не определена взаимосвязь указанных выше параметров с величиной обменной энергии, переваримости отдельных аминокислот

3. Не разработана методико-инструментальная база для определения и использования указанных параметров в производственной практике (методики, оборудование(NIRS и т.д.))

ГОСТ на шрот подсолнечника

ГОСТ на шрот подсолнечника регламентирует только ограниченный набор параметров, что стимулирует производителей шрота выпускать продукт с низким качеством.

Нет экономических стимулов для выпуска шрота с высокими качественными показателями.

Балансы российского рынка белкового сырья, без учета производства высокопротеинового шрота подсолнечника.

	Бройлеры		Несушка		Свиньи		Мол.коровы		Итого Потреб-ление, тыс.т	Произ-Водство Из рос-сийских семян, тыс.т	Импорт шрота и бобов в перес-чете на шрот, тыс. т	Экспорт, тыс. т
Количество комбикорма, млн.т в год	**9,6**		**6,3**		**9,0**		**3,0**					
Вид сырья	% в корме	К-во, тыс. т	% в корме	К-во, тыс. т	% в корме	К-во, тыс. т	% в корме	К-во, тыс. т				
Соевый шрот	23	2208	4	252	10	900	5	150	3510	1950	1810	250
Шрот подсолнечника	7	672	14	882	5	450	5	150	2154	3570		1416
Шрот подсол. Высокопр.												
Жмых подсолнечника							10	300	300	300		
Итого продуктов из подсолнечника в пересчете на шрот подсолнечника 39%									2424	3820		1416
Шрот/Жмых рапсовый					6	540	10	300	840	660	180	

Балансы российского рынка белкового сырья, с учетом потенциально возможного производства высокопротеинового шрота подсолнечника и его использования в кормах.

	Бройлеры		Несушка		Свиньи		Мол.коровы		Итого Потреб-ление, тыс. т	Произ-Водство Из рос-сийских семян, тыс. т	Импорт шрота и бобов в перес-чете на шрот, тыс. т	Экспорт, тыс. т
Количество комбикорма, млн.т в год	**9,6**		**6,3**		**9,0**		**3,0**					
Вид сырья	% в корме	К-во, тыс. т	% в корме	К-во, тыс. т	% в корме	К-во, тыс. т	% в корме	К-во, тыс. т				
Соевый шрот	15	1440	3	189	8	720	6	180	2529	1950	1500	929
Шрот подсолнечника	6	576	12	756					1332			
Шрот подсол. Высокопр.	9	864	3	189	6	540	8	180	1833			
Жмых подсолнечника							5	150	150	150		
Итого продуктов из подсолнечника в пересчете на шрот подсолнечника 39%									3800	3820		20
Шрот/Жмых рапсовый					6	540	10	300	840	660	180	

Выводы и предложения

1. К проблеме производства качественного шрота подсолнечника необходимо подходить комплексно, начиная с выбора сортов семян, технологии их выращивания, уборки, сушки и хранения.
2. Необходимо проведение НИОКР по разработке методик определения содержания полифенолов, свободных и связанных липидов, пористости, переваримости шрота подсолнечника и влияния этих параметров на зоотехнические результаты.
3. Необходимо проведение НИОКР по определению влияния технологических способов производства на параметры шрота и зоотехнические результаты.
4. При производстве качественного шрота подсолнечника весь объём шрота, производимого в России, может быть востребован на внутреннем рынке обеспечивая импортозамещение по импортируемым соевым бобам.
5. Текущая практика производства шрота подсолнечника создаёт дополнительные издержки и потери в размере около 20 млрд. рублей в год для масложировой и животноводческой отраслей. Потери бюджета составляют 6-10 млрд. рублей в год в виде недополученных налогов.

Спасибо за внимание