# Обзор по использованию высокопротеинового шрота подсолнечника в мясном птицеводстве

**Содержание**

1. Экономические предпосылки перспектив использования шрота/жмыха подсолнечника в рационах сельскохозяйственных животных в России.
2. Характеристики шрота-жмыха подсолнечника.
3. Технология и характеристики получаемого высокопротеинового шрота подсолнечника.
4. Характеристика отдельных компонентов шрота подсолнечника и его фракций.
4.1. Протеин и его переваримость.
4.2. Технологические режимы получения/обработки шрота подсолнечника и переваримость протеина.
4.3. Углеводы шрота подсолнечника.
4.3.1. Крахмал.
4.3.2. Некрахмалистые полисахариды.
4.3.2.1. Состав некрахмалистых полисахаридов в шроте подсолнечника и его отдельных фракциях.
4.3.2.2. Гидролиз некрахмалистых полисахаридов при помощи ферментов.
4.3.3. Моно-, ди- и олигосахара шрота подсолнечника.
4.4. Полифенолы шрота подсолнечника и его отдельных фракций.
4.4.1. Количество и состав полифенолов в шрокциях шрота подсолнечника.
4.4.2. Всасывание полифенолов в ЖКТ. Влияние на микрофлору.
4.5. Минералы в шроте подсолнечника. Фитиновая кислота.
5. Характеристика сои и соевого шрота.
5.1. Протеин и его переваримость.
5.2. Состав соевой оболочки.
5.3. Углеводы соевого шрота.
5.3.1. Крахмал.
5.3.2. Некрахмалистые полисахариды.
5.3.2.1. Состав некрахмалистых полисахаридов в соевом шроте.
5.3.2.2. Гидролиз некрахмалистых полисахаридов при помощи ферментов.
5.3.3. Моно-, ди- и олигосахара соевого шрота.
5.4. Минералы в соевом шроте. Фитиновая кислота.
6. Сравнение соевого шрота и белковой фракции шрота подсолнечника. Определение обменной энергии белковой фракции шрота подсолнечника относительно соевого шрота.
6.1. Сравнение белковой фракции подсолнечного шрота и соевого шрота по основным компонентам
6.2. Обменная энергия белковой фракции подсолнечного шрота в сравнении с соевым шротом.

## 1. Экономические предпосылки перспектив использования шрота/жмыха подсолнечника в рационах сельскохозяйственных животных в России

Подсолнечник – основная масличная культура России. Россия, Украина, другие страны бывшего СССР производят более 50% мирового производства подсолнечника. Примерно 20-25% приходится на южные страны Европы, Турцию. Поэтому основной рынок подсолнечника и его шротов сосредоточен в бывшем СССР и Европе. Мировое производство шрота подсолнечника оценивается в 16-17 млн. тонн, из них в России 3,3-4 млн. тонн. В тоже время основным мировым белковым компонентом кормов является соевый шрот. Мировое производство соя бобов составляет 300-310 млн. тонн. На внутреннее производство соя-бобов в России приходится примерно 2,2 млн. тонн, импорт соя-бобов (для внутреннего потребления, через переработку «Содружеством») 800 тыс. тонн. Кроме того имеется импорт соевого шрота в небольших количествах.

Шрот подсолнечника, производимый в России не полностью востребован на внутреннем рынке и экспортируется в количестве 0,6-1,1 млн. тонн. При этом существует значительный объем импорта соевых бобов и шрота.

Несмотря на то, что в последние годы происходит значительное увеличение производства соя-бобов в России цены на соевые бобы и соевый шрот значительно выше мировых и европейских. Причин здесь несколько. Одна из них - логистические издержки. Но на наш взгляд основная причина – низкая урожайность соя бобов в России, прежде всего по климатическим причинам. Средняя урожайность соя бобов в России 13 ц/га, в тоже время как в Бразилии, Аргентине, США – 25 ц/га. В тоже время урожайность подсолнечника в России и Аргентине сопоставима, так же как близки урожайности и зерновых культур в примерно одинаковых климатических условиях. Таким образом, для эффективного выращивания сои в России необходима более высокая цена на внутреннем рынке, чем на мировом. При этом выращенная в России соя – продукт только внутреннего потребления, так как кроме более высокой цены имеет и значительно более низкое значение по содержанию протеина. Снижение содержания протеина является следствием увеличения концентрации некрахмалистых полисахаридов, приводящих к снижению продуктивности и конверсии корма у птицы и моногастричных животных.

Таким образом цена на шрот/жмых подсолнечника на внутреннем рынке России занижена относительно европейского (по крайней мере на стоимость транспортировки и другие логистические затраты), а на соевый шрот/сою завышена. Поэтому целесообразно увеличивать использование шрота/жмыха подсолнечника в рационах сельскохозяйственных животных и птицы в России, как самого дешевого белкового сырья. Это может быть сделано за счет внедрения технологий, устраняющих недостатки подсолнечника ограничивающих его использование.

## 2. Характеристики шрота/жмыха подсолнечника

Шрот подсолнечника можно условно разделить на три части: белковая фракция, пленки, лузга. В зависимости от степени обрушки семечки перед отжимом и экстракцией масла шрот различается имеет различное количество лузги от 45% (при необрушенной семечке) до 18-22% при качественной обрушке. Пленки составляют небольшую долю шрота. При необрушенном семечке их доля составляет около 6% от массы шрота, при стандартном качестве обрушки содержание пленок находится в количестве 2-3% от массы шрота, но точное их количество определить достаточно сложно. По своим параметрам пленки близки к пшеничным отрубям. Остальное – белковая фракция. В зависимости от качества работы очистительного отделения завода возможно наличие примесей, отличных от подсолнечника, в количестве до 3%. В значительной степени содержание протеина в шроте подсолнечника определяется содержанием лузги. В жмыхах подсолнечника необходимо учитывать содержание масла. Параметры фракций шрота подсолнечника представлены в таблице 1.

Колебания содержания протеина в белковой фракции шрота подсолнечника возможно в достаточно широком диапазоне и зависит от сортовых особенностей, климатических условий выращивания, количества внесенных удобрений. Диапазоны колебаний в содержании сырого протеина составляет от 50% до 60%. Аминокислотный состав белковой фракции подсолнечного шрота достаточно постоянен. С изменением содержания протеина несколько снижается содержание клетчатки, но точной зависимости нет, так как происходят изменения и в составе других фракций (например сахаров). Точных зависимостей содержания в фракции клетчатки от содержания протеина в настоящий момент не выявлено.

## 3. Технология и характеристики получаемого высокопротеинового шрота подсолнечника

Разработана технология удаления лузги из шрота подсолнечника. В результате получаем шрот подсолнечника с протеином 47-53% на сухое вещество (в зависимости от требований заказчика и содержания протеина в белковой фракции подсолнечного шрота) и лузгу с протеином 12% на сухое вещество, которая может быть использована на энергетические нужды или как подстилка. Технология предполагает только механическую сепарацию частиц, то есть свойства протеина белковой фракции не меняются. Содержание (примесь) частиц лузги в высокопротеиновом шроте может быть не более 3% (в зависимости от требований и количества оборудования). Поэтому целесообразно рассмотреть вопрос о параметрах отдельных фракций шрота подсолнечника.

**Таблица 1.Усредненные параметры фракций шрота подсолнечника и соевого шрота**

| | Единица Измер. | Белковая фракция | Пленки | Лузга | Соевый шрот |
|---|---|---|---|---|---|
| **Протеин** | | | | | |
| Сырой протеин | % в СВ | 53 (50-60) | 16,8 | 5 (4-6) | 53,5 |
| Аланин | % в СП | 4,3 | 3,6 | | 4,3 |
| Аргинин | % в СП | 8,5 | 5,2 | 4,9 | 7,3 |
| Аспарагиновая кислота | % в СП | 8,9 | 6,2 | | 11,4 |
| Цистин | % в СП | 1,65 | | 2,2 | 1,6 |
| Глутаминовая кислота | % в СП | 19,2 | 12,0 | | 17,9 |
| Глицин | % в СП | 5,6 | 7,0 | 8,7 | 4,2 |
| Гистидин | % в СП | 2,7 | 1,9 | 3,0 | 2,7 |
| Изолейцин | % в СП | 4,6 | 3,3 | 3,6 | 4,6 |
| Лейцин | % в СП | 6,2 | 5,1 | 4,6 | 7,6 |
| Лизин | % в СП | 3,7 | 4,2 | 5,1 | 6,3 |
| Метионин | % в СП | 2,33 | | 2,6 | 1,4 |
| Фениланин | % в СП | 4,6 | 3,3 | 3,7 | 5,1 |
| Пролин | % в СП | 4,4 | 3,6 | | 5,0 |
| Серин | % в СП | 4,5 | 4,1 | 7,9 | 4,6 |
| Треонин | % в СП | 3,65 | 3,2 | 5,4 | 3,8 |
| Триптофан | % в СП | 1,35 | 1,4 | 1,1 | 1,4 |
| Тирозин | % в СП | 2,7 | 2,7 | | 3,5 |
| Валин | % в СП | 5,3 | 3,7 | 4,0 | 4,8 |
| Метионин+Цистин | % в СП | 3,98 | 3,6 | 4,8 | 3,0 |
| **Углеводы** | | | | | |
| **Крахмал** | % в СВ | 0,1-0,2 | | 3 | 0,6 (0,2-1) |
| **Общая диетическая клетчатка (ОДК)** | | | | | |
| Класон лингин | % в СВ | 1,7 | | 24,9 | 1,6 |
| **Некрахмалистые полисахариды** | | | | | |
| Целлюлоза | % в СВ | 4,0 | 24,7 | 26 | 3,5 |
| Гемицеллюлоза | % в СВ | 8,0 | 36,9 | 25 | 5,9 |
| Пектин | % в СВ | 5,3 (5-6) | | 7 (7-9) | 9 |
| Всего НПС | % в СВ | 17,3 | 61,6 | 58 | 18,5 (16-27) |
| НПС растворимые | % в СВ | 4,5 | | 8,5 | 3 (2,5-6,5) |
| НПС нерастворимые | % в СВ | 12,8 | | 49,5 | 15,5 (14-21) |
| **Всего ОДК** | **% в СВ** | **19,0** | **66,4** | **82,9** | **20,1 (17-29)** |
| Сырая клетчатка | % в СВ | 5-6,2 | 26,8 | 57 | 4,9 (3,5-7) |
| НДК | % в СВ | 13,8 | 66,8 | 80 | 11,0 |
| Лигнин | % в СВ | 0,9 | 4,8 | 22,5 | 0,5-0,7 |
| **Моно-, ди- и олиго- сахара** | | | | | |
| Моно- сахара | % в СВ | 0,5 (0,25-0,6) | 0,05 | | 0,8 |
| Сахароза (ди-сахара) | % в СВ | 6,5 (4,4-7,0) | 2,73 | | 7,5 (6-8) |
| Олигосахара | % в СВ | | | | |
| Раффиноза | % в СВ | 3,5 (2,5-4) | 0,64 | | 1,3 (0,9-1,5) |
| Стахиоза | % в СВ | | | | 5,5 (4-6) |
| Вербаскоза | % в СВ | | | | 0,3 |
| Всего сахаров | % в СВ | 10,5 | 5,2 | 1,5 | 15,4 (10-17) |
| **Полифенолы** | % в СВ | 3-5 | 0,8 | Следы | |
| **Сырой жир** | % в СВ | 1,5 (1-2) | | | 1,5 (1-2) |
| **Минералы** | | | | | |
| Кальций | % в СВ | 0,55 | 0,2 | 0,4 | 0,4 |
| Фосфор | % в СВ | 1,35 (1,2-1,5) | 0,4 | 0,13(0,1-0,2) | 0,65 |
| Фитиновая кислота | % в СВ | 3,6 | | | 1,5 |
| Зола | % в СВ | 9,2 | 3,6 | 3,6 | 7,7 |

% в СВ - % в сухом веществе, % в СП - % в сыром протеине.

## 4. Характеристики отдельных компонентов шрота подсолнечника и его фракций.

### 4.1. Протеин и его переваримость

Аминокислотный состав протеина белковой фракции шрота подсолнечника достаточно стабилен. Представляет интерес анализ аминокислотного состава большого количества образцов шрота (жмыха) подсолнечника с различным содержанием протеина, выполненные в одной работе по одной методике. Из известных нам работ, такой работой является [1], в которой произведен детальный анализ параметров 12 сортов семян, жмыхов подсолнечника с различным содержанием протеина, выращенных в Испании. В данной работе произведен качественный анализ семян высокомасличного подсолнечника. При этом жмыхи получены методом холодного прессования, то есть без термической обработки, в результате чего нет термического изменения аминокислотного состава семян. Пересчитанные данные аминокислотного состава протеина ядра семян (белковой фракции шрота подсолнечника) даны в таблице 4.1.1. Из представленных данных следует, что в образцах с содержанием протеина близких к 60% происходит снижение концентрации основных лимитирующих аминокислот – лизина, метионина и цистина, а в образцах с содержанием протеина близких к 52% доля лизина, метионина и цистина возрастает.

Кондитерские сорта подсолнечника могут иметь несколько отличный аминокислотный состав протеина, а также значительно отличаются от высокомасличных сортов подсолнечника по содержанию масла и углеводов. Но использование в кормовых целях данных сортов подсолнечника практически отсутствует, поэтому анализа данных сортов подсолнечника не производим.

Анализ аминокислотного состава протеина шрота/жмыха подсолнечника из различных опубликованных источников приведен в таблице 4.1.2. Из представленных данных следует, что содержание протеина, аминокислотный состав имеет определенные колебания. Частично эти колебания связаны с составом шрота, а именно с изменением количества белковой фракции шрота подсолнечника, лузги и пленок в шроте, а также примесей, не связанных с подсолнечником. В дальнейших рассуждениях, будем считать что примесей, не связанных с подсолнечником нет. Количество лузги и пленок в шроте определяется их исходным содержанием в семенах, а также качеством обрушивания семян. На основании [2.3] данные о составе лузги и пленок подсолнечника, в том числе аминокислотный состав протеина, представлены в таблице 1.

Другой причиной колебаний аминокислотного состава протеина является различные режимы тепловой обработки шрота в процессе производства. Данный вопрос будет детально рассмотрен далее.

Важнейшим параметром протеина является его общая переваримость, так и переваримость отдельных аминокислот. В настоящее время существует несколько методик определения переваримости протеина, различающиеся по месту определения переваримости (подвздошная кишка, помет), а также по учету эндогенных потерь протеина (кажущаяся и истинная переваримость). Для сравнения переваримости протеина в шроте подсолнечника в сравнении с другими кормовыми компонентами желательно использовать работы в которых проводилось сравнение по одной методике и одной группой исследователей, так как это позволяет снизить неточности, связанные с межлаборатоными оценками.

В [4] проведены достаточно объемные исследования кажущейся переваримости протеина в подвздошной кишке бройлеров различных кормовых ингредиентов. Данные по некоторым ингредиентам представлены в таблице 4.1.3.

В работе [5] исследовалась зависимость истинной обменной энергии и истинной переваримости протеина в зависимости от параметров шрота (содержания лузги). Значения истинной энергии и переваримости протеина отличаются от значений кажущейся энергии и переваримости протеина на величину эндогенных потерь. Данные по шротам подсолнечника с различным содержанием протеина представлены в таблице 4.1.4. Представленные данные показывают, что с увеличением протеина происходит значительный рост переваримости протеина и истинной обменной энергии за счет снижения доли лузги.

ВНИТИП разработал усредненные коэффициенты «кажущейся» доступности незаменимых аминокислот в различных кормах [6 стр. 178]. Для некоторых кормовых ингредиентов усредненные коэффициенты кажущейся переваримости приведены в таблице 4.1.5.

**Таблица 4.1.1. Содержание отдельных аминокислот (г/16 г Азота) в белковой фракции шрота подсолнечника (ядре подсолнечника).** Содержание сырого протеина дано в пересчете на сухое обезжиренное вещество.

| Номер образца | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Среднее |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сырой протеин | **534** | **591** | **570** | **600** | **605** | **524** | **521** | **595** | **536** | **573** | **522** | **537** | **560** |
| Аргинин | **8,47** | **8,37** | **8,61** | **8,42** | **8,73** | **8,29** | **8,01** | **8,56** | **8,59** | **8,67** | **8,55** | **8,33** | **8,47** |
| Аспарагиновая к-та | **8,88** | **8,92** | **8,83** | **9,00** | **8,85** | **8,76** | **8,85** | **8,88** | **8,96** | **8,73** | **8,90** | **8,94** | **8,88** |
| Цистин | **1,60** | **1,53** | **1,58** | **1,55** | **1,73** | **1,72** | **1,60** | **1,61** | **1,58** | **1,69** | **1,72** | **1,66** | **1,63** |
| Глутаминовая к-та | **19,02** | **19,39** | **19,18** | **19,32** | **19,36** | **19,53** | **18,51** | **19,45** | **19,64** | **19,69** | **19,11** | **18,83** | **19,18** |
| Глицин | **5,62** | **5,59** | **5,73** | **5,66** | **5,61** | **5,74** | **5,73** | **5,58** | **5,53** | **5,52** | **5,79** | **5,70** | **5,64** |
| Гистидин | **2,67** | **2,64** | **2,69** | **2,66** | **2,61** | **2,62** | **2,71** | **2,65** | **2,66** | **2,60** | **2,67** | **2,69** | **2,66** |
| Изолейцин | **4,48** | **4,60** | **4,63** | **4,58** | **4,64** | **4,54** | **4,44** | **4,44** | **4,48** | **4,50** | **4,62** | **4,63** | **4,55** |
| Лейцин | **6,24** | **6,25** | **6,23** | **6,36** | **6,26** | **6,14** | **6,30** | **6,25** | **6,21** | **6,27** | **6,24** | **6,35** | **6,26** |
| Лизин | **3,78** | **3,57** | **3,72** | **3,68** | **3,49** | **3,89** | **3,96** | **3,65** | **3,64** | **3,63** | **3,86** | **3,80** | **3,72** |
| Метионин | **2,39** | **2,13** | **2,37** | **2,37** | **2,32** | **2,38** | **2,47** | **2,20** | **2,18** | **2,36** | **2,41** | **2,43** | **2,33** |
| Фениланин | **4,59** | **4,65** | **4,53** | **4,76** | **4,61** | **4,44** | **4,61** | **4,64** | **4,63** | **4,62** | **4,52** | **4,61** | **4,60** |
| Пролин | **4,26** | **4,38** | **4,23** | **4,42** | **4,32** | **4,39** | **4,41** | **4,49** | **4,34** | **4,47** | **4,44** | **4,33** | **4,37** |
| Серин | **4,46** | **4,47** | **4,49** | **4,59** | **4,48** | **4,35** | **4,46** | **4,42** | **4,43** | **4,35** | **4,45** | **4,59** | **4,46** |
| Треонин | **3,69** | **3,56** | **3,66** | **3,67** | **3,58** | **3,65** | **3,78** | **3,61** | **3,61** | **3,57** | **3,68** | **3,74** | **3,65** |
| Триптофан | **1,32** | **1,37** | **1,33** | **1,36** | **1,33** | **1,37** | **1,36** | **1,34** | **1,39** | **1,36** | **1,39** | **1,30** | **1,35** |
| Тирозин | **2,76** | **2,72** | **2,70** | **2,74** | **2,74** | **2,74** | **2,82** | **2,73** | **2,74** | **2,75** | **2,75** | **2,72** | **2,74** |
| Валин | **5,23** | **5,29** | **5,25** | **5,40** | **5,28** | **5,13** | **5,32** | **5,31** | **5,29** | **5,23** | **5,24** | **5,32** | **5,27** |
| Г АА в кг Азота | **821,2** | **817,6** | **826,7** | **828,3** | **825,5** | **815,4** | **817,6** | **823,4** | **824,0** | **824,3** | **828,7** | **824,7** | **823,1** |
| Метионин+цистин | **3,99** | **3,66** | **3,95** | **3,92** | **4,05** | **4,10** | **4,07** | **3,81** | **3,76** | **4,05** | **4,13** | **4,09** | **3,96** |

Таблица 4.1.3. Переваримость протеина и отдельных аминокислот кормовых ингредиентов в подвздошной кишке бройлеров.

| Наименование | СП | Переваримость, % | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | СП | Lys | Met | Cys | Thr | Arg | Ile | Val | Ser | Gly |
| Шрот подсолнечника | 332 | 79 | 80 | 96 | 92 | 73 | 90 | 83 | 82 | 74 | 88 |
| Шрот соевый | 475 | 82 | 85 | 83 | 75 | 76 | 88 | 83 | 82 | 79 | 86 |
| Мясокостная мука | 487 | 61 | 64 | 72 | 36 | 56 | 68 | 66 | 65 | 55 | 63 |
| Рыбная мука | 606 | 79 | 84 | 83 | 57 | 76 | 89 | 81 | 82 | 74 | 80 |
| Пшеница | 118 | 82 | 79 | 91 | 87 | 73 | 82 | 84 | 82 | 83 | 80 |
| Отруби крахмалистые | 159 | 73 | 74 | 79 | 71 | 64 | 77 | 75 | 73 | 72 | 87 |

СП (сырой протеин) – в граммах на кг продукта, естественной влаги.

Таблица 4.1.4. Параметры истинной обменной энергии и переваримости протеина шротов подсолнечника с различным содержанием протеина.

| Наименование | ИОЭ | СП | Переваримость, % | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | АА | Lys | Met | Cys | Thr | Arg | Ile | Val | Ser | Gly |
| Шрот 32% | 1558 | 32 | 85,8 | 76,4 | 89,6 | 80,7 | 82,7 | 90,2 | 87,7 | 86,8 | 84,3 | - |
| Шрот 35% | 1908 | 35 | 88,0 | 81,8 | 91,7 | 82,9 | 83,4 | 91,9 | 89,7 | 88,1 | 85,0 | - |
| Шрот 37% | 1910 | 37 | 89,4 | 83,7 | 93,0 | 83,8 | 85,9 | 92,0 | 90,9 | 91,0 | 86,9 | - |

СП (сырой протеин) – в % в сухом веществе.

ИОЭ – истинная обменная энергия, ккал/кг СВ.

АА – все аминокислоты.

Таблица 4.1.5. Коэффициенты кажущейся доступности протеина для некоторых кормовых ингредиентов.

| Наименование | СП, % | Переваримость, % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Lys | Met | Cys | Thr | Arg | Ile | Val | Trp | Gly |
| Семена подсолнечника с лузгой | 17 | 72 | 80 | 65 | 70 | 76 | 71 | 77 | 80 | 75 |
| Шрот подсолнечника | 36-43 | 74 | 83 | 67 | 70 | 80 | 72 | 80 | 81 | 77 |
| Жмых подсолнечника | 30-35 | 73 | 83 | 66 | 75 | 82 | 73 | 80 | 82 | 77 |
| Жмых подсолнечника из лущеных семян | 45 | 84 | 84 | 78 | 83 | 83 | 80 | 82 | 83 | 80 |
| Соя лущеная тостированая | 35 | 91 | 92 | 83 | 88 | 87 | 86 | 85 | 87 | 85 |
| Соевая мука полножирная, экструдированная | 35 | 85 | 85 | 80 | 82 | 86 | 85 | 81 | 85 | 83 |
| Шрот, жмых соевый | 50 | 89 | 86 | 84 | 85 | 84 | 88 | 85 | 84 | 83 |
| Шрот соевый | 40-42 | 87 | 86 | 83 | 84 | 82 | 82 | 83 | 83 | 81 |
| Пшеница | 11,5 | 83 | 87 | 87 | 88 | 88 | 84 | 85 | 86 | 74 |
| Отруби крахмалистые | 15,9 | 72 | 78 | 77 | 73 | 77 | 75 | 77 | 62 | 62 |

СП (сырой протеин) – в % на естественной влаги.

Представленные в таблице 4.1.4 данные показывают, что повышение содержания протеина в жмыхе подсолнечника приводит к увеличению переваримости протеина, аналогично с результатами таблицы 4.1.5.

По своему химическому составу, содержанию лигнина и НДК пленки подсолнечника близки по параметрам к пшеничным отрубям. Поэтому переваримость протеина в этой фракции можно ожидать близкую к пшеничным отрубям, то есть 70-75%.

Распадаемость протеина лузги подсолнечника в рубце коров оценивается в 40% [3], а общая переваримость лузги 16%-18% [7]. С учетом высокого содержания лигнина в лузге можно говорить, что переваримость протеина лузги у птицы не превышает общей переваримости лузги (по крайней мере у КРС), то есть не более 20%. Но исследования по переваримости протеина лузги подсолнечника у птицы авторам не известны.

На основании химического состава шроте подсолнечника в таблице 4.1.3 и состава компонентов шрота подсолнечника (таблица 1) можно оценить содержание лузги в шроте на уровне 35-40%, что соответствует содержанию протеина в лузге 1,5-2% протеина или 4-6 % от общего количества протеина. С учетом низкой переваримости протеина лузги мы получаем, что переваримость протеина белковой фракции шрота подсолнечника будет превышать или близка к переваримости протеина соевого шрота. Для примера приведем гипотетические расчеты на оснований кажущейся переваримости протеина в подвздошной кишке бройлеров и истинной переваримости протеина (данные в таблицах 4.1.3 и 4.1.4), предположив, что переваримость протеина лузги в шроте подсолнечника – 20%, переваримость пленок – 72% равномерно для всех аминокислот. Рассчитанные значения для отдельных аминокислот приведены в таблице 4.1.6 и 4.1.7.

Таблица 4.1.6. Рассчитанная кажущая переваримость белковой фракции шрота подсолнечника в подвздошной кишке бройлеров (на основании данных таблицы 4.1.3).

| Наименование | СП, % | Переваримость, % | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | СП | Lys | Met | Cys | Thr | Arg | Ile | Val | Ser | Gly |
| Шрот подсолнечника, белковая фракция | 53 | 85 | 84 | 96 | 94 | 76 | 92 | 86 | 84 | 78 | 83 |

СП (сырой протеин) – в % на СВ.

Таблица 4.1.7. Рассчитанная истинная переваримость белковой фракции шрота подсолнечника (на основании данных таблицы 4.1.4).

| Наименование | СП, % | Переваримость, % | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | СП | Lys | Met | Cys | Thr | Arg | Ile | Val | Ser | Gly |
| Шрот подсолнечника, белковая фракция | 53 | 93 | 88 | 97 | 88 | 90 | 94 | 94 | 94 | 92 | 93 |

СП (сырой протеин) – в % на СВ.

Результаты расчетов при указанных допущениях дают величину переваримости протеина белковой фракции шрота подсолнечника выше, чем у соевого шрота. В тоже время испытания ВНИТИП на переваримость жмыха подсолнечника с протеином 45% показывают значения переваримости протеина жмыха подсолнечника несколько ниже, чем у соевого шрота.

В тоже время, выводы о высокой переваримости белковой фракции шрота подсолнечника подтверждаются работами ВНИТИП с высокопротеиновым шротом подсолнечника, которым производилась замена соевого шрота и кукурузного глютена в рационах цыплят-бройлеров [8]. Общая переваримость протеина в балансовом опыте по была 91,5%, 92,0%, 92,3%, 91,6% для контрольной группы (5% подсолнечного жмыха) и групп с включением 10%, 15%, и 20% высокопротеинового шрота подсолнечника соответственно, заменявшего соевый шрот и кукурузный глютен. Это показывает, что переваримость белковой фракции подсолнечного шрота находится как минимум на уровне соевого шрота и кукурузного глютена.

**Вывод: переваримость протеина белковой фракции шрота подсолнечника (высококопротеинового шрота подсолнечника) находятся на уровне соевого шрота. Для детализации параметров переваримости отдельных аминокислот в белковой фракции шрота подсолнечника необходимы дополнительные исследования.**

### 4.1.2. Технологические режимы получения/обработки шрота подсолнечника и переваримость протеина.

В технологическом процессе семена подсолнечника проходят несколько этапов, когда происходит их нагревание до температуры более 100 градусов Цельсия. Повышенные температуры негативно влияют на переваримость протеина, так как при повышенных температурах происходит связывание сахаров с отдельными аминокислотами (реакция Майларда), в результате чего формируются не перевариваемые продукты, снижается переваримость протеина и как следствие величина обменной энергии. Наиболее явно это проявляется в отношении лизина, как наиболее лимитирующей аминокислоты в подсолнечнике.

В работе [9] оценивались режимы кондиционирования шрота при котором в течении 30 минут шрот нагревался до определенной температуры в диапазоне от 110 до 130 градусов Цельсия. При этом происходило снижение обменной энергии шрота подсолнечника с 2080 ккал/кг для режима 110 градусов до 1860 ккал/кг для режима 130 градусов, прежде всего за счет снижения переваримости протиена.

В [10] шрот подсолнечника подвергался тепловой обработке в автоклаве при температуре 121 градус Цельсия в течении 0, 30, 60, 90 минут. Опытные рационы цыплят с включением обработанного шрота подсолнечника давали снижение привесов со 127 г до 98 г за период испытаний. Оцениваемая переваримость лизина относительно исходного лизина в шроте до обработки составляла 86%, 54%, 43%, 35% для групп 0, 30, 60, 90 минут обработки. При этом содержание лизина в шроте подсолнечника после 90 минут обработки снизилось на 30%. В данном исследовании применялась оценка растворимости протеина в растворе 0,2% КОН, аналогично применяемой для соевого шрота. При отсутствии обработки растворимость протеина шрота подсолнечника в 0,2% растворе КОН составляла 65% и линейно снижалась с увеличеним времени обработки до 51%. Поэтому протеин шрота подсолнечника приемлемого качества должен растворяться в 0,2% растворе КОН не менее 65%. При этом нужно учитывать фактор, что протеин лузги плохо растворяется и в случае белковой фракции шрота нужно говорить о растворимости протеина на уровне 68-70%.

Указанные выше методики оценки качества шрота подсолнечника имеют не высокую точность. В отношении шрота подсолнечника в настоящий момент не разработано эффективных методов контроля термической обработки в производственном процессе. Для повышения избирательности методики оценки качества протеина шрота подсолнечника и контроля технологического процесса можно предложить следующие направления оценки:

- анализ растворимости протеина в щелочной среде (0,2% раствор КОН) может быть модифицирована, так как приближение растворимости протеина к 100 процентам у подсолнечника происходит при существенно больших значениях РН раствора, как это предложено для рапсового шрота/жмыха (использование 0,5% раствор КОН [11]),
- для анализа режимов обработки шрота подсолнечника можно сравнить содержание лизина в исходных семенах, приведенное к содержанию протеина, и содержание протеина в шроте подсолнечника, приведенное к содержанию протеина. Существенное снижение содержания лизина в шроте подсолнечна относительно сырого протеина может показывать о избыточной тепловой обработке и низкой переваримости протеина в шроте подсолнечника.

Для выработки и формулирования наиболее эффективных методик оценки качества протеина в шроте подсолнечника необходимо проведение дополнительных исследований.

Литература к разделу 4.1.

1. N. Canibe, M.M. Pendosa, L.M.Robredo, K.E.B. Knudsen,

Chemical composition, digestibility and protein quality of 12 sunflower (Helianthum annuus L) cultivars, J Sci Food Agric 79: 1775-1782 (1999)

2. European Patent № 0 068 556, M. Zoani-Shimberni, G. Sodini, M. Canella, Bran produced from sunflower seeds.

3. www.feedipedia.org

4. V. Ravindran, L. I. Hew, G. Ravindran, W. L. Bryden,
Apparent ileal digestibility of amino acids in dietary ingredients for broiler chickens
Animal Science 2005, 81: 85-97

5. M.J. Villamide, L.D. San Juan
Effect of Chemical Composition of Sunflower Seed Meal on its True Metabolizable Energy and Amino Acid Digestibility
1998, Poultry Science 77: 1884-1892

6. В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.М. Околелова, Ш.А. Имангулов,
Кормление сельскохозяйственной птицы, 2004, Сергиев Посад

7. C.S. Park, D.O. Ericson, G.R. Fisher, C.N. Haugse,
Effects of Sunflower Hulls on Digestibility and Performance by Growing Dairy Heifers Fed Varying Amounts of Protein and Fiber, 1982, J. Dairy Sci 65: 52-58

8. Егоров И.А., Паньков П.Н. Розанов Б.Л. Егорова Т.В. Волкова Н.И.
ОТЧЕТ по теме: «Применение шрота подсолнечного с низким содержанием лузги в кормлении цыплят-бройлеров»
Сергиев Посад, 2008.

9. F.H. Rad, K. Keshavarz, Evaluation of the Nutritional Value of Sunflower Meal and the Possibility of Substitution of Sunflower Meal for Soybean Meal in Poultry Diets,
1976, Poultry Science 55: 1757-1765.

10.Y.Zhang, C.M. Parsons, Effect of Overprocessing on the Nutritional Quality of Sunflower Meal,
1994, Poultry Science 73: 436-442.

11.B. Pastuszewska, L. Buraczewska, A. Ochtabinska, S. Buraczewski, Protein solubility as an indicator of overheating rapeseed oilmeal and cake,
Journal of Animal and Feed Science, 7, 1998, 73-82.

## 4.2. Углеводы шрота подсолнечника и его фракций.

### 4.2.1. Крахмал

Количество крахмала в белковой фракции шрота подсолнечника составляет 1-2 грамма на кг сухого вещества [1], что само по себе является ничтожным значением. Поэтому можно говорить практически об отсутствии крахмала в белковой фракции шрота подсолнечника.

В фракции лузги содержится 3,4% крахмала [2]. В тоже время переваримость данной фракции крахмала неизвестна.

Данных о содержании крахмала в пленках нет.

### 4.2.2. Некрахмалистые полисахариды (НПС) шрота подсолнечника.

#### 4.2.2.1. Состав некрахмалистых полисахаридов шрота подсолнечника и его отдельных фракций

В настоящее время есть очень незначительное количество исследований по составу НПС белковой фракции шрота подсолнечника и фракции лузги. Фактически единственно известной автору работой по детальному анализу состава НПС ядра семян подсолнечника (белковой фракции шрота) и лузги является работа по исследованию состава НПС 12 сортов подсолнечника [3], где был проведен раздельный анализ НПС ядра (белковой фракции) и лузги. Другие известные работы, анализировавшие состав НПС в шроте подсолнечника различного качества обрушки, что затрудняет анализ содержания НПС в белковой фракции.

**Некрахмалистые полисахариды (НПС) шрота подсолнечника.**

Будем считать, что состав НПС ядра подсолнечника и лузги не претерпевают изменений в технологическом процессе от семян подсолнечника до получения шрота. Состав НПС ядра семян подсолнечника в пересчете на белковую фракцию шрота подсолнечника представлен в таблице 4.2.1, которые пересчитаны из работы [3]. Из представленных данных следует, что содержание целлюлозы белковой фракции шрота подсолнечника составляет 40 г/кг СВ, общее количество НПС – 173 г/кг СВ. Количество растворимых НПС в белковой фракции шрота подсолнечника – 45 г/кг СВ. В данной работе не производился раздельный анализ по составу растворимых и нерастворимых сахаров в НПС.

Состав НПС 12 сортов лузги подсолнечника на сухое обезжиренное вещество представлен в таблице 4.2.2. Данные получены из [3] путем пересчета. Из представленных данных следует, что НПС и лигнин, представляющие общую диетическую клетчатку, занимают примерно 85% от общего количества сухого вещества лузги, при этом количество растворимых НПС составляет 8,6% от сухого вещества лузги. В лузге содержится порядка 25% лигнина, что говорит о том, что переваримость лузги крайне низкая. В данной работе не было проведено анализа по составу углеводов растворимой фракции белковой фракции подсолнечного шрота. В работе [1] был проведен анализ НПС из подсолнечного шрота с содержанием протеина 44% в СВ. Данные представлены в таблице 4.2.3. На основании данных о параметров фракций шрота подсолнечника, представленных в таблице 1, предполагаем, что шрот подсолнечника может состоять из 76% белковой фракции, 2% пленок и 22% лузги. На основании средних данных по состава НПС белковой фракции и фракции лузги произведем расчет предполагаемого состава НПС в шроте подсолнечника. Так как данных по составу НПС пленок нет, то будем считать, что состав шрота 76% белковой фракции и 24% лузги. Результаты расчета даны в таблице 4.2.3. В этом случае 2/3 НПС представдяют собой НПС белковой фракции шрота и 1/3 – фракции лузги.

**Таблица 4.2.1. Содержание НПС в 12 образцов белковой фракции (ядре) подсолнечника. Все значения в г/кг сухого обезжиренного вещества.**

| Номер образца | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Среднее |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Сырой протеин | **534** | **591** | **570** | **600** | **605** | **524** | **521** | **595** | **536** | **573** | **522** | **537** | **560** |
| Целлюлоза | **51** | **40** | **43** | **17** | **39** | **42** | **48** | **38** | **36** | **39** | **38** | **41** | **40** |
| Прочие НПС | **138** | **137** | **136** | **165** | **112** | **132** | **152** | **118** | **125** | **122** | **137** | **134** | **134** |
| Рамноза | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 |
| Фукоза | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Арабиноза | 43 | 46 | 46 | 48 | 34 | 45 | 55 | 41 | 42 | 42 | 44 | 44 | 43 |
| Ксилоза | 14 | 13 | 15 | 14 | 11 | 12 | 16 | 12 | 11 | 11 | 15 | 15 | 14 |
| Манноза | 19 | 19 | 12 | 17 | 17 | 15 | 19 | 15 | 17 | 14 | 18 | 17 | 19 |
| Галактоза | 14 | 13 | 15 | 17 | 11 | 12 | 16 | 12 | 14 | 14 | 18 | 17 | 14 |
| Глюкоза | 8 | 5 | 6 | 31 | 6 | 9 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 |
| Уроновые кислоты | 33 | 32 | 34 | 31 | 28 | 33 | 32 | 26 | 31 | 31 | 32 | 29 | 33 |
| НПС, всего | **190** | **178** | **179** | **182** | **151** | **174** | **200** | **156** | **162** | **161** | **170** | **177** | **173** |
| Растворимые | **51** | **46** | **43** | **51** | **34** | **30** | **61** | **29** | **53** | **47** | **47** | **44** | **45** |
| Нерастворимые | **138** | **132** | **136** | **131** | **117** | **144** | **139** | **126** | **109** | **114** | **123** | **134** | **128** |
| Класон лигнин | **14** | **16** | **9** | **20** | **17** | **12** | **13** | **24** | **17** | **19** | **20** | **23** | **17** |

**Таблица 4.2.2. Содержание НПС в 12 образцов лузги подсолнечника.**
**Все значения в г/кг сухого обезжиренного вещества.**

| Номер образца | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Среднее |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Целлюлоза | **233** | **268** | **237** | **225** | **279** | **272** | **260** | **272** | **236** | **271** | **237** | **305** | **259** |
| Прочие НПС | **305** | **333** | **323** | **390** | **319** | **326** | **321** | **366** | **315** | **362** | **295** | **366** | **335** |
| Рамноза | 5 | 6 | 6 | 5 | 7 | 6 | 6 | 8 | 5 | 6 | 5 | 6 | 6 |
| Фукоза | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Арабиноза | 29 | 42 | 34 | 40 | 36 | 34 | 24 | 46 | 34 | 24 | 39 | 30 | 34 |
| Ксилоза | 141 | 157 | 144 | 132 | 151 | 155 | 147 | 170 | 139 | 182 | 128 | 186 | 153 |
| Манноза | 11 | 14 | 13 | 13 | 13 | 12 | 14 | 16 | 14 | 11 | 11 | 16 | 13 |
| Галактоза | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 12 | 11 | 13 | 12 | 12 | 10 | 13 | 12 |
| Глюкоза | 22 | 24 | 30 | 113 | 19 | 16 | 27 | 21 | 28 | 20 | 24 | 32 | 31 |
| Уроновые кислоты | 86 | 77 | 84 | 75 | 87 | 89 | 90 | 92 | 82 | 78 | 76 | 83 | 83 |
| НПС, всего | **539** | **601** | **560** | **615** | **599** | **598** | **581** | **638** | **551** | **634** | **532** | **671** | **593** |
| Растворимые | **105** | **76** | **56** | **170** | **73** | **81** | **78** | **68** | **59** | **66** | **65** | **102** | **86** |
| Нерастворимые | **434** | **525** | **504** | **445** | **526** | **516** | **503** | **570** | **493** | **547** | **466** | **569** | **509** |
| Класон лигнин | **260** | **264** | **239** | **223** | **258** | **264** | **247** | **252** | **252** | **258** | **272** | **243** | **252** |

В работе [4] анализировался состав НПС с содержанием протеина 35% на сухое вещество. Для моделирования этого шрота считаем, что шрот состоит из 40% лузги и 60% белковой фракции. Состав НПС шрота подсолнечника и расчетный состав представлены в таблице 4.2.3.

Результаты расчетов показывают, что моделирование на основании данных позволяет с достаточной степенью точности предположить состав НПС в шроте подсолнечника в зависимости от его состава.

Исследование состава НПС в шроте подсолнечника на 2/3 состоящих из НПС лузги и пленок и на 1/3 из НПС белковой фракции шротв, проведенного в [4] показал, что 42% от общего состава НПС составляет целлюлоза, 24% пектиновые полисахариды, 24% (4-О-метил)-глюкуроноксиланы, 5% глюкомананы, 4,5% – фукозоксилоглюканы.

Представленные в таблице 4.2.3 данные по количеству растворимых НПС в шроте подсолнечника [1], составу сахаров растворимой части НПС можно сделать вывод, что растворимые НПС представлены в основном пектинами.

На основании химического состава, представленного в таблице 1 можно сделать вывод, что количество пектинов в белковой фракции шрота подсолнечника составляет 5-6% (разница между НПС и (НДК-класон лигнин)), а в фракции лузги – 7-9%.

**Лигнин**

Несмотря на то, что лигнин не относится к НПС он является неотъемлемым компонентом клеточных стенок. Увеличение содержания лигнина снижает доступность субстракта для переваривания и его переваримость.

Содержание класон лигнина в белковой фракции шрота подсолнечника -1,7%, в фракции лузги – 25%, пленки содержат 4,8% лигнина.

**Общий состав клеточных стенок фракций шрота подсолнечника**

Таким образом фракция клеточных стенок в белковой фракции шрота подсолнечника представлена примерно 4% - целлюлозой, 8% гемицеллюлозой, 5-6% пектиновыми НПС, 1,7% класон лигнина от общего количества сухого вещества белковой фракции шрота подсолнечника.

Фракция лузги состоит из 26% целлюлозы, 25% гемицеллюлозы, 7-9% пектина и 25% класон лигнина от общего количества сухого вещества лузги.

Фракция пленок состоит 25% из целлюлозы, 37% гемицеллюлозы и пектина, 4,8% лигнина.

Таблица 4.2.3. Состав углеводов различных фракций клетчатки шрота подсолнечника.

| | СП | Кр. | НПС | Цел | Состав отличных от целлюлозы полисахаридов | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Рам | Фук | Ара | Кси | Ман | Гал | Глю | У.к. |
| **Шрот подсолнечника, Irish & Balnave 1993** | | | | | | | | | | | | |
| Растворимые | | | 44,5 | - | 1,8 | 0,5 | 5,8 | Следы | 1,1 | 2,9 | Следы | 32,4 |
| Нерастворимые | | | 231,4 | 87,3 | 2,5 | 1,0 | 29,9 | 52,9 | 10,7 | 9,3 | 4,3 | 33,5 |
| Всего | 437 | 1,4 | 275,9 | 87,3 | 4,3 | 1,5 | 35,7 | 52,9 | 11,8 | 12,2 | 4,3 | 65,9 |
| **Рассчитанные, шрот Irish & Balnave 1993- 24% лузги и 76% белковой фракции** | | | | | | | | | | | | |
| Растворимые | | | 55 | | | | | | | | | |
| Нерастворимые | | | 219 | | | | | | | | | |
| Всего | 438 | | 274 | 91 | 5,2 | 2,5 | 40,8 | 47,4 | 17,6 | 13,5 | 13,5 | 45,0 |
| **Шрот подсолнечника, Dusterhoft, 1992** | | | | | | | | | | | | |
| Всего | 350 | | 346 | 145 | 3,6 | 1,8 | 30,0 | 65,0 | 12,0 | 8,4 | 12,0 | 50,4 |
| **Рассчитанные, Шрот подсолнечника, Dusterhoft, 1992 – 40% лузги и 60% белковая фракция** | | | | | | | | | | | | |
| Всего | 356 | | 341 | 125 | 5,4 | 2,2 | 39,4 | 69,6 | 16,6 | 13,2 | 17,2 | 53,0 |

### 4.2.2.2. Гидролиз НПС при помощи ферментов

В данном разделе рассматривается вопрос гидролиза НПС ферментными препаратами в условиях, отличных от пищеварительной системы птицы, то есть в условиях лабораторного или промышленного гидролиза НПС шрота подсолнечника. Данные о исследованиях лабораторного гидролиза НПС шрота подсолнечника можно использовать как верхнюю оценку эффективности гидролиза НПС в кишечнике, так как в условиях кишечника можно ожидать меньших значений величины гидролиза НПС. Работ на эту тему не много. Наиболее известное – комплексное и детальное исследование [4]. В данном исследовании проводилось исследование возможностей гидролиза НПС шрота подсолнечника. К сожалению, в исследовании не было проведено разделение на НПС из белковой фракции шрота и лузги. Исследованный материал представлял из себя НПС шрота подсолнечника с низкой степенью обрушивания семечки перед отжимом и экстракцией. Примерное соотношение НПС из лузги и НПС из белковой фракции оцениваем как 2/3 НПС из лузги и 1/3 из белковой фракции. Фракция пленок по всей видимости присутствовала, но выделить ее достаточно проблематично, тем более что ее доля относительно невелика. При этом производилось интенсивное измельчение исследуемого материала до размера частиц 20-200 мкм.

На основании материалов данных исследований сделаны следующие выводы:

1. Гидролиз НПС подсолнечника ферментами составляет не более 30% при инкубации в течении 72 часов.
2. Гидролиз НПС происходит наиболее быстро в течении первых 8-10 часов, достигая примерно 20% от массы НПС, далее скорость гидролиза резко замедляется.
3. При увеличении размера частиц до 500 мкм гидролиз НПС снижается на 20-40% в зависимости от вида используемых ферментов.
4. Предварительная делигнификация НПС значительно повышает гидролиз НПС.
5. Визуальный осмотр частиц лузги после процедуры инкубации (гидролиза) показывает, что гидролизу было подвержено максимум 1-2 слоя клеточных стенок.
6. Результаты анализа высвобождаемых сахаров и состав оставшихся НПС после гидролиза показывает, что в основном происходит гидролиз пектина с небольшим количеством других НПС. Результаты представлены в таблицах 4.2.4 и 4.2.5. Гидролиз в основном пектина подтверждается так же близостью

значений содержания пектина в составе НПС и количеству гидролизуемых НПС. Целлюлоза и ксилоглюканы – основные НПС подсолнечника, гидролизуются в очень небольшом количестве. Основным ограничивающим фактором в этом является низкая доступность субстракта.

7. В результате гидролиза НПС из шрота подсолнечника только 10-20% образуют мономеры и димеры (то есть состоят из одного или двух сахаров), и 75-80% из гидролизованных сахаров имеют длину цепочки более четырех сахаров и уроновых кислот, то есть представляют из себя олигосахара, которые не всасываются в кишечнике и могут быть сферментированы только бактериальной флорой. При этом основными высвобождаемыми мономерами были или арабиноза или глюкоза.
8. В отношении подсолнечника ферментные комплексы с узким спектром активности являются малоэффективными. Только пектиназа достигает гидролиза 10% от общего количества НПС. Ферменты с другим узким спектром активности (целлюлаза, ксиланаза и т.д.) показывают гидролиз 2-6% от общего количества НСП. Результаты гидролиза НПС шрота подсолнечника с узким спектром активности представлены в таблице 4.2.6.

Результаты исследования показывают, что количество гидролизованных НПС из шрота подсолнечника, которые могут всасываться в тонком кишечнике составляет не более 2-4% от общего количества НПС из шрота подсолнечника.

В работе [5] также изучался вопрос о гидролизе НПС шрота подсолнечника ферментами. Шрот обрабатывался мультиферментной композицией и выдерживался в течении 36 часов при выбранных наиболее оптимальных режимах по температуре, концентрации фермента, РН среды. Было гидролизовано примерно 10% НПС от массы шрота, содержание сырой клетчатки снизилось вдвое, истинная обменная энергия шрота подсолнечника, измеренная на птице увеличилась с 1898 до 2314 ккал/кг. Гидролиз НПС шрота подсолнечника происходил линейно примерно в течении 30 часов. При этом за 3 первые часа было дополнительно гидролизовано примерно 1% НПС от массы исходного шрота.

Таблица 4.2.4. Состав НПС шрота подсолнечника до и после гидролиза ферментами (относительная моль%), по результатам Dusterhoft 1993, J Sci Food Agric

| | Исходные НПС | После обработки ферментами D, E | |
|---|---|---|---|
| | | D | E |
| Рамноза | 1,2 | 0,0 | 0,0 |
| Фукоза | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| Арабиноза | 10,5 | 6,6 | 5,4 |
| Ксилоза | 23,0 | 30,5 | 33,7 |
| Манноза | 3,6 | 2,9 | 2,5 |
| Галактоза | 2,5 | 1,1 | 0,8 |
| Глюкоза | 45,6 | 48,6 | 48,6 |
| Уроновые кислоты | 13,2 | 10,3 | 9,0 |

Таблица 4.2.5. Количество* и состав гидролизованных НПС шрота подсолнечника различными ферментами и относительное количество (в скобках) гидролизованного из каждых сахаров **.

| Фермент | Гидр НПС, % | Состав гидролизованных сахаров моль/100 моль | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Рам | Ара | Кси | Ман | Гал | Глю | У.к. |
| E | 29 | 4 (100) | 23 (58) | 8 (9) | 7 (71) | 5 (56) | 26 (15) | 26 (15) |
| E1 | 14 | 5 (58) | 33 (41) | 8 (5) | 7 (24) | 6 (32) | 14 (4) | 28 (27) |
| E2 | 18 | 5 (76) | 27 (43) | 6 (4) | 11 (52) | 6 (39) | 12 (4) | 33 (41) |
| D | 30 | 3 (73) | 22 (59) | 9 (11) | 9 (70) | 5 (56) | 32 (20) | 21 (45) |
| D1 | 19 | 5 (75) | 28 (47) | 10 (8) | 2 (11) | 6 (45) | 20 (8) | 30 (40) |
| D2 | 20 | 3 (47) | 16 (29) | 7 (6) | 11 (57) | 5 (36) | 35 (14) | 23 (32) |

- - количество отдельных сахаров в гидролизате (растворенном субстракте)

** - количество гидролизованных (растворенных) сахаров от общего количества в субстракте (НПС шрота подсолнечника), в скобках.

Таблица 4.2.6. Степень гидролиза НПС шрота подсолнечника (% от общего количества НПС) различными ферментами с узкой активностью, показан диапазон минимальных и максимальных значений.

| Активность ферментов | Целлюлаза | Ксиланаза | Манназа | Пектиназа |
|---|---|---|---|---|
| Кол-во гидролизуемых НПС | 2,9-3,6 | 5,7 | 2,8-8,4 | 0,5-13,6 |

### 4.2.3. Моно-, ди- и олиго- сахара подсолнечника

Общее содержание сахаров в белковой фракции шрота подсолнечника составляет 8-11% в СВ.

Белковая фракция шрота подсолнечника в среднем содержит в среднем 2,5-4% раффинозы, 6-7% сахарозы, 0,6% моносахадов. В таблице 4.2.4. представлены данные по содержанию моно-, ди- и олигосахаров в белковой фракции шрота подсолнечника различных исследований.

Таблица 4.2.4. Содержание моно-, ди- и олиго- сахаров в белковой фракции шрота подсолнечника различных исследованиях.

| | Canella | Sosulski | Канелла | |
|---|---|---|---|---|
| Моносахариды | 0,3 | 0,6 | | |
| Сахароза | 6,86 | 4,4 | 4,7-5,5 | |
| Прочие олигосахара, всего | | | | |
| Мальтоза | | 0,9 | | |
| Мелобиоза | | 2,0 | | |
| Альфа галактозиды, всего | | | | |
| Раффиноза | 3,31 | 2,5 | 3,1-3,75 | |
| Стахиоза | | - | | |
| Всего моно и олигосахаридов | 10,8 | 10,4 | | |

В основном уровень стахиозы находится на минимальном уровне. Основные альфа-галактозиды представлены раффинозой, уровень которых находится в диапазоне 2,5-4%.

В работе [6] была показана зависимость сахаров в ядре семян в зависимости от их созревания (данные в таблице 4.2.5).

Таблица 4.2.5. Содержание масла, сахарозы и раффинозы в ядре семян подсолнечника в зависимости от спелости семян.

| Дней цветения | Масла в ядре,<br>% в СВ | Сахароза,<br>% в СВ | Раффиноза,<br>% в СВ |
|---|---|---|---|
| 29 | 570 | 21,4 +/- 0,7 | 7,1 +/- 1,4 |
| 42 | 640 | 20,3 +/- 3,9 | 10,2 +/- 3,8 |
| 58 | 660 | 23,5 +/- 3,5 | 13,6 +/- 1,4 |

Из данных таблицы 4.2.5 следует, что в условиях созревания семян соотношение между сахарозой и раффинозой составляет 0,5-0,6. При этом содержание сахарозы в белковой фракции (обезжиренном ядре) составляет 5-7%, раффинозы – 2,5-4% в сухом веществе. При этом содержание общее содержание сахаров зависит от степени созревания семечки. В спелом ядре семян подсолнечника (58 дней цветения) содержится около 3,7% сахарозы и раффинозы, при содержании масла в ядре семян 66% в СВ, что в пересчете на сухое обезжиренное вещество дает около 11%, являющееся показателем содержания олигосахаров в белковой фракции шрота. При ранней уборке (42 дня цветения) в ядре семечке содержится 3,05% сахарозы и раффинозы при содержании масла 64% в СВ, что в пересчете на сухое обезжиренное вещество дает содержание олигосахаров 8,5% в СВ белковой фракции. Таким образом, с увеличением степени зрелости семечки происходит увеличение содержания сахаров в белковой фракции.

Содержание сахаров в фракциях лузги и пленок дано в таблице 1. Как следует из указанных данных, в этих фракциях низкое содержание сахаров и в целом их количество значительно меньше, чем в белковой фракции шрота. Поэтому они не играют существенной роли.

**Литература к разделу 4.2**

1. Irish, G. G. and D. Balnave. 1993. Non-starch polysaccharides and broiler performance on diets containing soyabean meal as the sole protein concentrate. Aust. J. Agric. Res. 44:1483-1499.

2. www.feedipedia.org

3. N. Canibe, M.M. Pendosa, L.M.Robredo, K.E.B. Knudsen,
Chemical composition, digestibility and protein quality of 12 sunflower (Helianthum annuus L) cultivars, J Sci Food Agric 79: 1775-1782 (1999)

4. E.-M. Dusterhoft
CHARACTERISATION AND ENZYMIC DEGRADATION OF NONSTARCH POLYSACCHARIDES IN LIGNOCELLULOSIC BYPRODUCTS
A study on sunflower meal and palm-kernel meal,
Wageningen. 1993

5. T. Ahmad, Z. Aslam, S. Rasool
Reducing fiber contrnt of sunflower oil meal through treatment of enzymes produced from Arachnoitus sp.

Animal Science Journal (2004) 75: 231-235

6. Arnaud Lehner, Francë oise Corbineau and Christophe Bailly
Changes in Lipid Status and Glass Properties in Cotyledons of Developing Sunflower Seeds
Plant Cell Physiol. 47 (7): 818–828 (2006)

## 4.3. Полифенолы в шроте подсолнечника и его отдельных фракций.

### 4.3.1. Основные полифенолы подсолнечника

Семена подсолнечника содержат полифенолы. Основными полифенолами являются хлорогеновую, кофейную кислоты, их производные (изомеры).

**Хлорогеновая кислота** — сложный эфир кофейной кислоты с одним из стереоизомеров хинной кислоты.

Иногда термином «хлорогеновые кислоты» называют все продукты этерификации хинной кислоты кофейной кислотой. Среди моноэфиров возможны четыре изомера, из которых реально встречаются 3-кофеоилхинная (изохлорогеновая), 4-кофеоилхинная и 5-кофеоилхинная кислоты. Иногда хлорогеновую кислоту называют 3-кофеилхинной из-за разночтений в порядке нумерации атомов углерода в хинной кислоте.

**Кофейная кислота** (3,4-диоксикоричная кислота) — ароматическое органическое соединение, двухатомный фенол, непредельная карбоновая кислота с формулой $(HO)_2C_6H_3CH{=}CHCOOH$. Содержится во всех растениях, так как является промежуточным продуктом в биосинтезе лигнина.

Полифенолы являются сильными антиоксидантами и противовирусными и противобактериальными средствами. Наличие полифенолов в шроте подсолнечника является одним из факторов более низкого уровня микотоксинов, по сравнению с соевым шротом, находящимся в аналогичных условиях.

### 4.3.2. Количество и состав полифенолов в различных фракциях шрота подсолнечника

Основное количество полифенолов подсолнечника находится в ядре семян, более 70 процентов из которых составляет хлорогеновая кислота. Содержание полифенолов в лузге составляет 0,7-5% от общего количества полифенолов в семенах [1]. Концентрация полифенолов в семенах составляет от 0,5% до 2,5%. Концентрация полифенолов в пленках составляет 0,8% [2]. Таким образом, основная масса полифенолов сосредоточена в ядре семян. В результате отжима и экстракции масла полифенолы сосредоточены в белковой фракции подсолнечного шрота.

Исследования, проведенные в различных странах и в различные годы, показывают значительные различия в количестве полифенолов в белковой фракции шрота. При этом необходимо учитывать, что в ранние годы исследований (70-80 годы прошлого века) в основном измерялись концентрации хлорогеновой кислоты, без разделения на изомеры. Исследования, проведенные на 137 линиях подсолнечника в США, показали, что содержание хлорогеновой кислоты в белковой фракции шрота в значительной степени зависит от содержания масла в ядре. Для высокомасличных сортов подсолнечника российской селекции (Передовик, Краснодарец) содержание хлорогеновой кислоты составляло около 3,5- 4%, в то время как в диком подсолнечнике содержание хлорогеновой кислоты менее 2,5% [3]. В [4] показано, что с созреванием семян высокомасличных сортов подсолнечника (Краснодарец, Передовик) происходит накопление масла и увеличивается хлорогеновой кислоты. Результаты представлены в таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1. Содержание хлорогеновой кислоты в зависимости от сроков посадки и уборки, содержания масла в семенах, их влажности.

| Время посадки | Время уборки, Дней после цветения | Влажность семян, % | Содержание масла в семенах, % | Содержание хлорогеновой кислоты в обезжиренном ядре, % |
|---|---|---|---|---|
| Краснодарец | | | | |
| 17 мая | 21 | 67,0 | 40,9 | 1,8 |
| | 28 | 48,7 | 48,3 | 3,15 |
| | 35 | 39,8 | 51,1 | 3,89 |
| | 42 | 29,2 | 50,4 | 3,92 |
| | 49 | 15,8 | 51,6 | 4,05 |
| 8 июня | 21 | 63,3 | 39,7 | 2,38 |
| | 28 | 49,8 | 44,7 | 2,70 |
| | 35 | 42,4 | 47,3 | 3,37 |
| | 42 | 33,2 | 47,8 | 3,61 |
| | 49 | 22,2 | 48,2 | 3,62 |
| Передовик | | | | |
| 17 мая | 21 | 72,8 | 35,0 | 1,40 |
| | 28 | 56,2 | 46,0 | 2,40 |
| | 35 | 46,6 | 50,9 | 3,43 |
| | 42 | 31,4 | 51,9 | 3,75 |
| | 49 | 20,0 | 51,2 | 3,57 |
| 8 июня | 21 | 62,4 | 37,6 | 1,53 |
| | 28 | 53,8 | 45,2 | 2,02 |
| | 35 | 47,6 | 48,9 | 2,68 |
| | 42 | 42,8 | 45,8 | 2,52 |
| | 49 | 25,4 | 46,4 | 3,06 |

В работе [5] был определен состав белковой фракции шрота (обезжиренного ядра) нескольких сортов подсолнечника в том числе российской селекции (ВНИИМК 8931 и Передовик). Содержание протеина в белковой фракции шрота – 60,7-62,8%, содержание сырой клетчатки – 3,9-4,4%, хлорогеновой кислоты 1,56-2,59%, кофейной – 0,11-0,15%, сахарозы – 4,7-5,45%, раффинозы – 3,09-3,75%. Все данные на сухое вещество. Из представленных материалов можно сделать вывод, что семена были собраны на ранней стадии спелости, так как присутствует высокое содержание протеина, не высокое содержание сахаров (8-9%) и, следовательно, не высокое содержание полифенолов.

[6] исследовали факторы, влияющие на содержание хлорогеновой, хинной и кофейной кислот в ядре семян подсолнечника. Они выявили, что существует корреляция между общим содержанием сахаров и содержанием хлорогеновой кислоты в ядре семеня подсолнечника.

Другими фактороми, определяющими концентрацию полифенолов в семенах (белковой фракции шрота) является различие в расположении семян в корзине подсолнечника, время и условия хранения [6]. Было установлено, что концентрация хлорогеновой и кофейной кислоты у семян, находящихся близко к центру корзины примерно в 2 раза выше, чем у семян, которые находятся у края корзины. Концентрация хлорогеновой кислоты и кофейной кислот в семенах, находящихся в центре корзины была 2,6%, кофейной -0,4%, у края 1,4% и 0,28% соответственно. При этом в течении примерно 60 дней содержание хлорогеновой и кофейной кислоты у семян из центра постепенно снижалось до уровня концентрации хлорогеновой кислоты семян с края корзины, а у семян с края корзины менялась незначительно независимо от температуры хранения семян. Содержание хинной кислоты увеличивалось с течением времени. Был сделан вывод о том, что в течение первых 2 месяцев хранения происходит установление равновесного состояния концентрации полифенолов. Из этого можно сделать вывод, что концентрация хлорогеновой кислоты в белковой фракции шрота, полученного из семян в течении первых двух месяцев после уборки может быть выше, чем из семян с последующего хранения.

В испанских работах по исследованию состава высокомасличных семян подсолнечника проводился детальный анализ по содержанию полифенолов в семенах подсолнечника [1]. Результаты исследований показали содержание полифенолов в семенах примерно в 10 раз ниже, чем это обычно определяется в других исследованиях. Поэтому возникают сомнения в том, чтобы принять и рассматривать эти результаты.

В [7] были проведены измерения всех полифенолов в семенах и ядре подсолнечника. Данные представлены в таблице 4.3.2.

Таблица 4.3.2. Содержание полифенолов в семенах и ядре подсолнечника трех высокомасличных сортов. Все значения в г/кг СВ.

| | Семена, | | | Ядро | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Сорт 1 | Сорт 2 | Сорт 3 | Сорт 1 | Сорт 2 | Сорт 3 |
| Хлорогеновая кислота | 9,68 | 12,17 | 9,53 | 12,63 | 18,68 | 12,80 |
| Кофейная кслота | 0,079 | 0,092 | 0,053 | 0,049 | 0,046 | 0,050 |
| Феруловая кислота | 0,060 | 0,056 | 0,053 | 0,065 | 0,060 | 0,055 |
| Розмариновая кислота | 0,128 | 0,084 | 0,141 | 0,138 | 0,096 | 0,123 |
| Мирицетин | 0,053 | 0,062 | 0,042 | 0,056 | 0,079 | 0,051 |
| Рутин | 0,023 | - | - | 0,028 | 0,057 | 0,042 |

Из представленных данных следует, что основным полифенолом является хлорогеновая кислота. Если принять содержание масла в ядре 65%, то содержание хлорогеновой кислоты в белковой фракции шрота (обезжиренном ядре) составит 3,6%-5,3% на СВ, что близко к полученным ранее данным, 3,5%-4%.

**Вывод: наиболее вероятный диапазон содержания хлорогеновой кислоты в белковой фракции шрота – 3,5%-4%. В тоже время необходимо проведение измерений содержания полифенолов на реальном шроте в различные периоды времени его производства.**

### 4.3.3. Всасывание полифенолов из желудочно-кишечного тракта. Влияние на микрофлору

Основные полифенолы подсолнечника достаточно активно изучаются в вопросе питания человека, так как хлорогеновая и кофейная кислоты – основные полифенолы кофе, кроме того они являются основными по антиоксидантами, потребляемыми человеком [8]. В тоже время практически отсутствуют исследования влияния полифенолов на птицу. Поэтому возникает необходимость рассмотреть влияние полифенолов подсолнечника на основе других видов животных.

В исследованиях на людях [9] было установлено, что в пищеварительном тракте всасывается 33% хлорогеновой кислоты и 95% кофейной, но в моче было всего минимальное количество хлорогеновой и 11% кофейной кислоты и их метаболитов, осуществляемых по метаболическому пути организмом человека. Аналогичные результаты получены и в экспериментах на крысах [10], где всасывание кофейной кислоты было определено – 13%. Но при этом в экспериментах с хлорогеновой кислотой было выявлено значительное количество метаболитов полифенолов микробиологической природы. На основании экспериментов был сделан вывод о том, что всасывание хлорогеновой кислоты

составляет 5-10% от уровня всасывания кофейной кислоты. Не всосавшиеся хлорогеновая и кофейная кислоты подвергаются микробиологическому преобразованию микрофлорой и метаболиты микробиологической трансформации имеют достаточно высокий коэффициент абсорбции. В тоже время микробиота птицы менее развита за счет высокой скорости транзита корма. Какое влияние микробиота птицы оказывает на хлорогеновую кислоту в настоящий момент не выявлено.

Не смотря на то, что хлорогеновая кислота имеет малый коэффициент всасывания в кишечнике и не может быть гидролизована клетками эпителия кишечника на кофейную и хинную кислоты (или точнее гидролизуется в незначительной степени), но использование гидролаз (бэта-глюканазы, ксиланазы, пектиназы) может значительно увеличить биоактивность хлорогеновой кислоты, так как под действием данных экзогенных ферментов хлорогеновая кислота распадается на кофейную и хинную [11].

В обзоре [12] приводятся данные о том, что полифенолы оказывают значительное воздействие на микрофлору, в том числе подавляют патогенную микрофлору. В тоже время исследования влияния шрота подсолнечника на микрофлору не позволяют сделать явный вывод о каком-то влиянии полифенолов на микрофлору цыплят бройлеров и индюшат [13,14], так как происходило изменение не только содержания полифенолов, но и целого ряда других факторов (НПС, олигосахаров).

### 4.3.4. Токсикологические исследования

Исследования**,** проведенные на крысах показали, что дозы в 1-2% хлорогеновой и кофейной кислот в корме не снижали скорость роста, но при дозах в 2% наблюдалось поражение желудка. При этом кофейная кислота оказывала большее токсическое влияние [15]. В рекомендациях ВНИТИП установлено, что содержание хлорогеновой кислоты в корме птицы не должно превышать 1% [16]. Не смотря на то, что в ранних работах было выявлено ингибирование пищеварительных ферментов хлорогеновой кислотой, в работе [17] не было выявлено никакого эффекта хлорогеновой кислоты на скорость роста и переваримость протеина у цыплят бройлеров вплоть до ее содержания в корме 0,6%. Поэтому оценка ВНИТИП о допустимом уровне хлорогеновой кислоты в корме в количестве до 1% является адекватной.

**Выводы:**

Допустимый уровнень содержания хлорогеновой кислоты в корме до 1%.

При наиболее реальном уровне хлорогеновой кислоты в белковой фракции подсолнечного шрота 3,5-4% в сухом веществе допустимый уровень белковой фракции подсолнечного шрота в корме для птицы – 25%,

Экзогенные ферменты могут оказавать влияние на доступность хлорогеновой кислоты и требуются дополнительные исследования для определения влияния данного вида взаимодействий.

Необходим более детальный контроль за содержанием хлорогеновой кислоты и полифенолов в целом в белковой фракции подсолнечного шрота, особенно в первые месяцы после уборки.

Литература раздела 4.3.

1.M.M. Pendosa, M. Muzquiz, C. Garcia-Vallejo, C. Burbano, C. Cuadrado, G. Auet, L.M. Robredo
Determination of caffeic and chlorogenic acids and their derivatives in different sunflower seeds
J Sci Food Agric 80: 459-464 (2000)

2. European Patent № 0 068 556, M. Zoani-Shimberni, G. Sodini, M. Canella, Bran produced from sunflower seeds.

3. D.G. Dorrel
Chlorogenic Acid Content of Meal from Cultivated and Wild Sunflowers
Crop Science, vol. 16, May-June, 422-424

4.Donnel, D. G. 1976.
Chlorogenic acid content of sunflower seed flour as affected by seeding and harvest date.
Can. J. Plant Sci. 56: 901-905.

5.G. Sodini, M. Canella
Clorogenic acid and oligosaccharides extractions from sunflower seeds meal with non-denaturing solvent
International Sunflower Association, Sunflower Symposium 1976.

6. J.V. Pomenta, E.E. Burns, 1971
Factors Affecting Chlorogenic, Quinic and Caffeic Acid Levels in Sunflower Kernels

Journal of Food Science, v. 36, 490-492.

7. Žilić, S., Maksimović Dragišić, J., Maksimović, V., Maksimović, M.,
Basić, Z., Crevar, M., Stanković, G.
THE CONTENT OF ANTIOXIDANTS IN SUNFLOWER SEED AND KERNEL
*HELIA*, **33**, Nr. 52, p.p. 75-84, (2010)

8. *Claudine Manach, Augustin Scalbert, Christine Morand, Christian Rémésy, and Liliana Jime´nez*
Polyphenols: food sources and bioavailability
*Am J Clin Nutr* 2004;79:727– 47.

9. Margreet R. Olthof, Peter C.H. Hollman and Martijn B. Katan
Chlorogenic Acid and Caffeic Acid Are Absorbed in Humans
J. Nutr. 131: 66–71, 2001.]

10. Marie-Paule Gonthier2, Marie-Anne Verny, Catherine Besson, Christian Re´me´ sy
and Augustin Scalbert
Chlorogenic Acid Bioavailability Largely Depends on Its Metabolism by the Gut Microflora in Rats
J. Nutr. 133: 1853–1859, 2003.]

11. патент US 6 245 363, S.J.Myers, P.S.J. Cheetman, N.E. Banister
Methods of treating plant materials with hydrolytic enzymes isolated from Humicola species

12. Fernando Cardonaa, Cristina Andrés-Lacuevac, Sara Tulipania, Francisco J. Tinahonesb,
María Isabel Queipo-Ortuño
Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health
Journal of Nutritional Biochemistry 24 (2013) 1415–1422

13. Lavinia Stef, D. Drinceanu, N. Corcionivoschi, C. Julean,
D.Stef, D.Mot, Eliza Simiz
The effect of dietary non-starch polysaccharides on the
intestinal viscosity and on the cecal microflora of broiler

fed with various protein sources
*Archiva Zootechnica 12:3, 22-29, 2009*]

14. Dariusz Mikulski, Jerzy Juśkiewicz, Agnieszka Skowrońska, Ewelina Sosnowska, Jan Jankowski, Agata Lecewicz, Zenon Zduńczyk
Response of the caecal microflora of turkeys fed diets with a different content of high-fibre sunflower meal
*Ann. Anim. Sci., Vol. 11, No. 1 (2011) 143–155*

15. Errol Zeiger
Chlorogenic Acid [327-97-9] and Caffeic Acid [331-39-5],Review of Toxicological Literature, July 1998, Integrated Laboratory Systems.

16. В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Т.М. Околелова, Ш.А. Имангулов, Кормление сельскохозяйственной птицы, 2004, Сергиев Посад.

17. J.Trevino, A.Rebole, M.L.Rodriguez, L.T.Ortiz, C. Centeno, C. Alzueta
Nutritiona Effect of Clorogenic Acid Fed to Growing Broiler Chicks,
J Sci Food Agric, 1998, 76, 156-160]

### 4.4. Жиры

Содержание жира в белковой фракции подсолнечного шрота незначительное и составляет 1-2%. Жирнокислотный состав жира близок к жирнокислотному составу ядра подсолнечника (масла).

### 4.5. Минеральный состав

### Кальций и фосфор, фитиновый фосфор

Белковая фракция шрота подсолнечника содержит высокие концентрации фосфора, примерно 77% из которого является фитиновым фосфором [1], в [2] содержание фитинового фосфора оценивается в 85% от общего количества фосфора. Содержание фосфора в белковой фракции шрота составляет в среднем 1,35% в СВ (диапазон 1,2-1,5%). Таким образом содержание фитинового фосфора в белковой фракции шрота составляет в среднем 1,05% в СВ. С учетом того, что фосфор в фитиновой кислоте составляет 28,2%, то содержание фитиновой кислоты в белковой фракции подсолнечного шрота составляет в среднем 3,6% в СВ. Содержание фитинового фосфора в белковой фракции шрота

подсолнечника в среднем в 2,25 раза больше чем у соевого шрота. Поэтому при стандартном кукурузно-соевом рационе бройлеров, содержащем 0,26% фитинового фосфора, замена половины соевого шрота на белковую фракцию подсолнечного шрота приводит к увеличению содержания фитинового фосфора до 0,33%, что может потребовать некоторой корректировки использования формирования рациона при использовании фитазы. Содержание фосфора в лузге и пленках значительно меньше, чем в белковой фракции шрота. Количество фитинового фосфора в лузге и пленках неизвестно, также неизвестна и его доступность.

Содержание кальция в белковой фракции подсолнечного шрота составляет около 0,55% в СВ. Можно предположить, что основная часть кальция связана с фитиновой кислотой. Доступность кальция из фосфора, в том числе при использовании фитазы, требует дополнительного исследования.

Использование фитазы приводит к увеличению переваримости протеина [2]. При 1200 единиц фитазной активности увеличение переваримости протеина составило 4,7%, аналогично для соевого шрота эта величина составила 4,1%, что говорит о примерно одинаковом изменении переваримости для соевого и подсолнечного шротов при применении фитазы.

Исследования [3] на российских рационах с растительным белком показывает, что использование фитазы эффективно в рационах цыплят-бройлеров, но при повышенном вводе шрота подсолнечника, а, следовательно, и более высоком уровне фитинового фосфора в рационе относительно соевого, требуется выработка более детальных рекомендаций.

### Калий, натрий и баланс электролитов

Содержание калия в белковой фракции шрота подсолнечника составляет 2,75% в СВ, натрия 0,04-0,05%. Содержание калия и натрия сопоставимо с содержанием этих макроэлементов в соевом шроте. Поэтому при замене соевого шрота подсолнечным не будет влиять на баланс электролитов и изменения в минеральном питании по этим макроэлементам.

**Литература к разделу 4.5**

1. E.T.Kornegay, Digestion of Phosphorus and other Nutrients: the Role of Phytases and Factors Influencing their Activity, in Enzymes in Farm Animal Nutrition, CABI, 2001

2. V. RAVINDRAN,1 S. CABAHUG, G. RAVINDRAN, and W. L. BRYDEN

Influence of Microbial Phytase on Apparent Ileal Amino Acid
Digestibility of Feedstuffs for Broilers
1999 Poultry Science 78:699–706

3. Анчиков Эдуард Владимирович
ФИТАЗА В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ,
АВТОРЕФЕРАТ диссертации, Сергиев Посад - 2012

## 5. Обзор сои и соевого шрота.

### 5.1. Состав и химический анализ соевых бобов

Соя бобы состоят из семядолей, оболочки и зародыша. В зависимости от процесса подготовки семян оболочка может быть убрана, поэтому параметры получающихся продуктов могут зависеть от содержания оболочки и параметров семядолей.

В обзоре сои [1] приводится усредненный состав американских соя бобов, таблица 5.1.

Таблица 5.1. Состав соевых бобов. Все параметры в % в СВ.

| Компонент | Выход, % | СП | Жир | Зола | Углеводы |
|---|---|---|---|---|---|
| Целые семена | 100,0 | 40,3 | 21,0 | 4,9 | 33,9 |
| Семядоли | 90,1 | 42,8 | 22,8 | 5,0 | 29,4 |
| Оболочка | 7,4 | 8,8 | 1,0 | 4,3 | 85,9 |
| Зародыш | 2,4 | 40,8 | 11,4 | 4,4 | 43,4 |

Так как основной компонент соя бобов – семядоли, то в зависимости от их состава будет меняться состав соевого шрота. Состав соевого шрота зависит от сорта, климатических условий выращивания, наличия или отсутствия оболочек в шроте. В последнее время заводы по переработке сои отделяют оболочку. Поэтому целесообразно рассмотреть параметры соевого шрота без оболочки и отдельно параметры соевой оболочки. Обобщенные параметры соевого шрота и соевой оболочки представлены в таблице 5.2.

### 5.2. Параметры оболочек семян сои

Оболочка семян сои (соевая оболочка) получается путем отделения оболочки от семян в производственном процессе. В процессе отделения оболочки от семян сои незначительная примесь семядолей присутствует в получаемом продукте. Большинство приводимых в различных источниках данных по составу соевой оболочки относятся к оболочке, получаемой в производственном процессе, то есть с примесью семядолей. Поэтому существует некоторое отличие в параметрах, указанных в таблице 5.1 и данными таблицы 5.2., в которой указаны параметры соевой оболочки, полученной в промышленном производстве, в частности по содержанию протеина.

Соевая оболочка на 80% состоит из общей диетической клетчатки. Особенностью клетчатки оболочки сои является низкое содержание лигнина, что дает высокую переваримость у жвачных (79% на цельную оболочку и 67% на дробленую). В соответствии с данными INRA (Франция) переваримость энергии соевой оболочки у свиней – 50%, протеина – 40% [3]. С учетом большей способности свиней, чем птицы, переваривать клетчатку переваримость энергии у птицы будет меньше. Бразильские данные [4]

показывают переваримость аргинина, лизина, метионина+цистина, треонина, триптофана соевой оболочки птицей – 79%, 66%, 54%, 49% и 64% соответственно. Близкие данные по переваримости и для свиней. Обменная энергия соевой оболочки для птицы – 871 ккал/кг. При этом анализ состава соевой оболочки [4] показывает, что она может содержать до 10% частиц семядолей, что может повышать показатель переваримости протеина и энергии собственно соевой оболочки.

**Таблица 5.2.** Химический состав и питательность соевой оболочки и шрота.

| | Единица Измер. | Соевый шрот | | Соевая оболочка | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Значения | Диапазон | Значения | Диапазон |
| **Протеин** | | | | | |
| Сырой протеин | % в СВ | 53,5 | | 13,2 | |
| Аланин | % в СП | 4,3 | | 4,2 | |
| Аргинин | % в СП | 7,3 | | 4,7 | |
| Аспарагиновая кислота | % в СП | 11,4 | | 9,2 | |
| Цистин | % в СП | 1,6 | | 1,8 | |
| Глутаминовая кислота | % в СП | 17,9 | | 10,5 | |
| Глицин | % в СП | 4,2 | | 7,9 | |
| Гистидин | % в СП | 2,7 | | 2,5 | |
| Изолейцин | % в СП | 4,6 | | 3,4 | |
| Лейцин | % в СП | 7,6 | | 6,0 | |
| Лизин | % в СП | 6,3 | | 6,3 | |
| Метионин | % в СП | 1,4 | | 1,1 | |
| Фениланин | % в СП | 5,1 | | 3,6 | |
| Пролин | % в СП | 5,0 | | 4,7 | |
| Серин | % в СП | 4,6 | | 5,0 | |
| Треонин | % в СП | 3,8 | | 3,5 | |
| Триптофан | % в СП | 1,4 | | 0,8 | |
| Тирозин | % в СП | 3,5 | | 3,8 | |
| Валин | % в СП | 4,8 | | 4,3 | |
| Метионин+Цистин | % в СП | 3,0 | | 2,9 | |
| **Углеводы** | | | | | |
| **Крахмал** | % в СВ | 0,6 | 0,2-1,0 | | |
| **Общая диетическая клетчатка (ОДК)** | | | | | |
| Класон лингин | % в СВ | 1,6 | | | |
| **Некрахмалистые полисахариды** | | | | | |
| Целлюлоза | % в СВ | 4,5 | 2,9-6,5 | 38 | 29-51 |
| Гемицеллюлоза | % в СВ | 5,0 | 3,5-5 | 22 | 10-25 |
| Пектин | % в СВ | 9 | 9-15 | 13 | 6-15 |
| Всего НПС | % в СВ | 18,5 | 16-27 | | |
| НПС растворимые | % в СВ | 3 | 2,5-6,5 | | |
| НПС нерастворимые | % в СВ | 15,5 | 14-21 | | |
| Всего ОДК | % в СВ | **20,1** | 17-29 | 77 | |
| Сырая клетчатка | % в СВ | 4,9 | 3,5-7 | 38,8 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| НДК | % в СВ | 11,0 | | 64,2 | |
| Лигнин | % в СВ | 0,5-0,7 | | 2,4 | |
| **Моно-, ди- и олигосахара** | | | | | |
| Моно- сахара | % в СВ | 0,8 | | | |
| Сахароза (ди-сахара) | % в СВ | 7,5 | 6-8 | | |
| Олигосахара | % в СВ | | | | |
| Раффиноза | % в СВ | 1,3 | 0,9-1,5 | | |
| Стахиоза | % в СВ | 5,5 | 4-6 | | |
| Вербаскоза | % в СВ | 0,3 | | | |
| Всего сахаров | % в СВ | 15,4 | 10-17 | 1,6 | |
| **Сырой жир** | % в СВ | 1,5 | 1-2 | 2,2 | |
| **Минералы** | | | | | |
| Кальций | % в СВ | 0,4 | | 5,5 | |
| Фосфор | % в СВ | 0,65 | | 1,6 | |
| Фитиновая кислота | % в СВ | 1,5 | | | |
| Зола | % в СВ | 7,7 | | 5,3 | |

% в СВ - % в сухом веществе, % в СП - % в сыром протеине.

### 5.3. Параметры соевого шрота

В данном разделе и в дальнейшем под соевым шротом будет подразумеваться соевый шрот без оболочки. Усредненные данные соевого шрота приведены в таблице 5.2.

В обзоре [2] приводятся параметры американской, бразильской и аргентинской сои (таблица 5.3.1). Для примера приведены данные по российско-украинскому соевому шроту с удаленной оболочкой.

Таблица 5.3.1. Состав соевого шрота различного происхождения, данные в г/кг СВ, в скобках у страны происхождения – количество исследованных образцов.

| | США (8) | | Бразилия (7) | | Аргентина (7) | | Россия, | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Сред. | Диап. | Сред. | Диап. | Сред. | Диап. | Сред. | Диап. |
| Химический состав | | | | | | | | |
| Сырой протеин | 535 | 519-552 | 554 | 526-564 | 523 | 518-530 | | |
| Зола | 77 | 74-81 | 72 | 65-81 | 77 | 75-79 | | |
| Сырой жир | 23 | 10-39 | 20 | 8-33 | 23 | 19-33 | | |
| Сырая клетчатка | 48 | 37-61 | 56 | 45-76 | 52 | 45-55 | | |
| НДК | 104 | 80-132 | 121 | 98-165 | 112 | 97-120 | | |
| Сахароза | 75 | 66-89 | 65 | 62-72 | 79 | 74-83 | | |
| Раффиноза | 13 | 9-17 | 13 | 12-15 | 13 | 13-14 | | |
| Стахиоза | 59 | 52-67 | 50 | 35-56 | 56 | 52-60 | | |
| Качество протеина | | | | | | | | |
| 1.Активн. уреазы | 0,01 | 0,0-0,01 | 0,00 | 0-0,01 | 0,01 | 0-0,01 | | |
| 2. ИДП | 14,3 | 13,0-16,6 | 12,4 | 8,7-14,4 | 13,5 | 11-15,9 | | |
| 3. Раствор. КОН (%) | 86,5 | 79,6-90,2 | 82,8 | 67,9-88 | 80,0 | 77,4-82,1 | | |
| 4. Акт.инг.трипсина | 3,3 | 2,0-3,9 | 3,3 | 2,0-4,2 | 2,5 | 1,8-2,5 | | |
| 5. ИТП | 13,6 | 10-18 | 20 | 11-39 | 15,4 | 8-19 | | |
| 6. Реактивный лизин | 0,856 | 0,852-0,867 | 0,866 | 0,84-0,878 | 0,863 | 0,860-0,868 | | |
| 7. Нереактивн. Лизин | 0,08 | 0,07-0,09 | 0,08 | 0,07-0,009 | 0,08 | 0,07-0,08 | | |

1. Активность уреазы (мг азота/г)
2. ИДП – индекс диспергируемости протеина
3. Растворимость в 0,2% растворе КОН
4. Активность ингибиторов трипсина (мг/г СВ)
5. Индекс теплового повреждения (Evonik)
6. Реактивный лизин (пропорция от общего лизина)
7. Нереактивный лизин (пропорция от общего лизина)

Аминокислотный состав соевого шрота различной происхождения на основании [2] представлен в таблице 5.3.2. В данном исследовании были определены кажущаяся кишечная переваримость и стандартизарованная кишечная переваримость соевого шрота различного происхождения [2] (таблицы 5.3.3 и 5.3.4).

Основным индикатором переваримости протеина является результаты анализа по растворимости протеина сои в КОН [2]. Таким образом, основной параметр, показывающий качество технологического процесса – интенсивность тепловой обработки. Считается, что оптимальное качество соевого шрота достигается при растворимости протеина в 0,2% растворе КОН – 85%.

Таблица 5.3.2. Аминокислотный состав протеина соевого шрота различного происхождения, данные в г/кг СП, в скобках у страны происхождения – количество исследованных образцов.

| | США (8) | | Бразилия (7) | | Аргентина (7) | | Россия, | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Сред. | Диап. | Сред. | Диап. | Сред. | Диап. | Сред. | Диап. |
| Незаменимые аминокислоты | | | | | | | | |
| Аргинин | 74,8 | 73,9-75,8 | 74,5 | 72,9-75,2 | 73,4 | 76,2-74,3 | | |
| Гистидин | 27,3 | 27-27,7 | 26,7 | 26,3-27,3 | 27,3 | 27-27,9 | | |
| Изолейцин | 46,0 | 44,7-46,5 | 47,1 | 46,4-47,6 | 46,5 | 46-46,8 | | |
| Лейцин | 76,9 | 75,7-77,7 | 78,5 | 77,9-78,9 | 78,0 | 77,4-79 | | |
| Лизин | 62,5 | 62,2-63,4 | 60,7 | 56,5-62 | 61,8 | 61-62,9 | | |
| Метионин | 14,2 | 14,1-14,3 | 13,0 | 12,5-13,4 | 13,9 | 13,2-14 | | |
| Фениланин | 50,7 | 50,2-51,5 | 52,7 | 51,5-53,5 | 51,4 | 50,9-52,7 | | |
| Треонин | 39,8 | 39,3-40,7 | 39,0 | 38,3-39,8 | 40,0 | 39,6-40,6 | | |
| Триптофан | 13,9 | 13,5-14 | 13,4 | 13,0-13,7 | 13,7 | 13,5-13,8 | | |
| Валин | 48,2 | 47,2-48,7 | 48,3 | 47,6-48,7 | 49,1 | 48,5-49,5 | | |
| Заменимые аминокислоты | | | | | | | | |
| Аланин | 44.2 | 43.9–45.0 | 44.0 | 43.7–44.3 | 44.9 | 44.6–45.6 | | |
| Аспарагиновая к-та | 116 | 115–118 | 117 | 117–119 | 115 | 115–117 | | |
| Цистеин | 14.9 | 14.7–15.2 | 13.2 | 12.6–13.7 | 14,4 | 13.8–15.0 | | |
| Глютаминовая к-та | 183 | 181–186 | 185 | 183–186 | 182 | 180–186 | | |
| Глицин | 43.2 | 42.5–43.9 | 42.6 | 42.0–43.5 | 42.9 | 42.5–43.4 | | |
| Пролин | 51.7 | 51.1–52.8 | 51.3 | 51.0–51.9 | 51.6 | 51.1–52.6 | | |
| Серин | 50.6 | 49.9–51.7 | 50.8 | 50.1–51.7 | 50.1 | 49.0–51.6 | | |
| Тирозин | 35.0 | 34.3–35.8 | 36.0 | 35.3–37.1 | 35.5 | 35.0–36.3 | | |

**Table 5**
Influence of origin of the soybean meal (SBM) on the coefficient of apparent ileal digestibility of dry matter (DM)[a], crude protein (CP) and amino acids (AA).

| | USA | | Brazil | | Argentine | | S.E.M.[b] | P-*value* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Average | Range | Average | Range | Average | Range | | |
| DM | 0.795$^{xy}$ | 0.776–0.814 | 0.808$^{x}$ | 0.781–0.823 | 0.784$^{y}$ | 0.776–0.792 | 0.0044 | ** |
| CP | 0.847$^{xy}$ | 0.837–0.880 | 0.854$^{x}$ | 0.820–0.869 | 0.835$^{y}$ | 0.829–0.841 | 0.0047 | * |
| Indispensable AA | | | | | | | | |
| Arginine | 0.911$^{x}$ | 0.901–0.931 | 0.913$^{x}$ | 0.893–0.921 | 0.898$^{y}$ | 0.892–0.909 | 0.0031 | ** |
| Histidine | 0.870 | 0.856–0.892 | 0.877 | 0.845–0.887 | 0.864 | 0.853–0.873 | 0.0043 | NS |
| Isoleucine | 0.863$^{xy}$ | 0.851–0.891 | 0.876$^{x}$ | 0.852–0.886 | 0.854$^{y}$ | 0.846–0.864 | 0.0042 | ** |
| Leucine | 0.863$^{xy}$ | 0.850–0.888 | 0.874$^{x}$ | 0.855–0.883 | 0.852$^{y}$ | 0.846–0.863 | 0.0039 | ** |
| Lysine | 0.882$^{x}$ | 0.871–0.905 | 0.881$^{xy}$ | 0.850–0.891 | 0.867$^{y}$ | 0.860–0.880 | 0.0041 | * |
| Methionine | 0.880$^{xy}$ | 0.863–0.907 | 0.891$^{x}$ | 0.870–0.904 | 0.866$^{y}$ | 0.859–0.880 | 0.0045 | ** |
| Phenylalanine | 0.857$^{y}$ | 0.844–0.880 | 0.875$^{x}$ | 0.852–0.883 | 0.854$^{y}$ | 0.836–0.864 | 0.0043 | ** |
| Threonine | 0.797$^{xy}$ | 0.778–0.827 | 0.811$^{x}$ | 0.795–0.824 | 0.785$^{y}$ | 0.772–0.801 | 0.0051 | ** |
| Valine | 0.849$^{xy}$ | 0.834–0.878 | 0.860$^{x}$ | 0.836–0.870 | 0.838$^{by}$ | 0.829–0.846 | 0.0044 | * |
| Dispensable AA | | | | | | | | |
| Alanine | 0.846$^{xy}$ | 0.828–0.872 | 0.858$^{x}$ | 0.835–0.867 | 0.836$^{y}$ | 0.829–0.845 | 0.0043 | ** |
| Asparagine | 0.845 | 0.834–0.875 | 0.845 | 0.817–0.858 | 0.831 | 0.823–0.849 | 0.0045 | NS |
| Cysteine | 0.714$^{x}$ | 0.690–0.750 | 0.712$^{x}$ | 0.673–0.741 | 0.675$^{y}$ | 0.664–0.693 | 0.0072 | ** |
| Glutamine | 0.893 | 0.881–0.916 | 0.893 | 0.863–0.903 | 0.881 | 0.873–0.895 | 0.0040 | NS |
| Glycine | 0.815$^{xy}$ | 0.797–0.846 | 0.824$^{x}$ | 0.798–0.841 | 0.802$^{y}$ | 0.792–0.816 | 0.0049 | * |
| Proline | 0.854$^{xy}$ | 0.841–0.881 | 0.860$^{x}$ | 0.831–0.870 | 0.841$^{y}$ | 0.834–0.850 | 0.0041 | * |
| Serine | 0.84.3$^{xy}$ | 0.825–0.865 | 0.852$^{x}$ | 0.827–0.868 | 0.83.2$^{y}$ | 0.818–0.848 | 0.0044 | * |

$^{xy}$Within a row, means without a common superscripts differ (P < 0.05).
NS, P > 0.05; *, P < 0.05; **, P < 0.01.
[a] Data for ileal digestibility of DM corresponded to that of the diets (different levels of SBM and maize starch depending on CP content of the SBM).
[b] Six replicates of six birds each per each SBM sample (eight samples from USA meals and seven samples from Brazil and Argentina meals).

sol. ($r = -0.559$) and reactive Lys ($r = -0.542$). The CSID of CP, Lys and Cys of the SBM were positively correlated with CP content (P < 0.05, P < 0.10 and P < 0.05, respectively), KOH sol. (P < 0.001, P < 0.01 and P < 0.01, respectively) and TIA (P < 0.01, P < 0.10 and P < 0.05, respectively). However, no correlations between CSID of CP and AA and NDF content were found. The CSID of CP and Lys were positively correlated with reactive Lys ($r = 0.563$; P < 0.01 and $r = 0.486$; P < 0.05, respectively) and negatively with HDI ($r = -0.378$; P < 0.10 and $r = -0.535$; P < 0.01, respectively). The CSID of CP, Lys and Cys were better correlated with KOH sol. ($r = 0.696$, P < 0.001; $r = 0.619$, P < 0.01; $r = 0.589$; P < 0.01) than with PDI ($r = 0.257$, P > 0.10; $r = 0.385$, P < 0.10; $r = 0.0952$; P > 0.10). The CAID and CSID of CP obtained *in vivo* were positively correlated with the one step N *in vitro* digestibility ($r = 0.45$ and 0.43, respectively; P < 0.05; data not shown) but not with the two steps procedure.

**Table 6**
Influence of origin of the soybean meal (SBM) on the coefficient of standardized ileal digestibility of crude protein (CP) and amino acids (AA).

| | USA | | Brazil | | Argentina | | S.E.M.[a] | P-*value* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Average | Range | Average | Range | Average | Range | | |
| CP | 0.925 | 0.897–0.962 | 0.926 | 0.878–0.951 | 0.916 | 0.850–0.966 | 0.0083 | † |
| Indispensable AA | | | | | | | | |
| Arginine | 0.943$^{x}$ | 0.934–0.960 | 0.944$^{x}$ | 0.925–0.950 | 0.933$^{y}$ | 0.928–0.941 | 0.0028 | * |
| Histidine | 0.913 | 0.904–0.931 | 0.919 | 0.888–0.932 | 0.910 | 0.900–0.917 | 0.0039 | NS |
| Isoleucine | 0.921$^{xy}$ | 0.913–0.942 | 0.928$^{x}$ | 0.905–0.934 | 0.913$^{y}$ | 0.907–0.920 | 0.0033 | * |
| Leucine | 0.909$^{xy}$ | 0.899–0.930 | 0.916$^{x}$ | 0.898–0.923 | 0.900$^{y}$ | 0.895–0.907 | 0.0033 | ** |
| Lysine | 0.921$^{x}$ | 0.912–0.940 | 0.919$^{xy}$ | 0.891–0.927 | 0.908$^{y}$ | 0.901–0.918 | 0.0035 | * |
| Methionine | 0.946$^{xy}$ | 0.935–0.968 | 0.959$^{x}$ | 0.940–0.970 | 0.938$^{y}$ | 0.931–0.953 | 0.0042 | ** |
| Phenylalanine | 0.923 | 0.910–0.941 | 0.935 | 0.912–0.951 | 0.923 | 0.907–0.932 | 0.0038 | NS |
| Threonine | 0.916$^{xy}$ | 0.906–0.936 | 0.925$^{x}$ | 0.909–0.934 | 0.909$^{y}$ | 0.900–0.916 | 0.0037 | * |
| Valine | 0.914$^{xy}$ | 0.905–0.937 | 0.921$^{x}$ | 0.899–0.928 | 0.905$^{y}$ | 0.899–0.914 | 0.0034 | * |
| Dispensable AA | | | | | | | | |
| Alanine | 0.908$^{xy}$ | 0.895–0.929 | 0.916$^{x}$ | 0.894–0.923 | 0.901$^{y}$ | 0.894–0.906 | 0.0036 | * |
| Asparagine | 0.891 | 0.881–0.916 | 0.887 | 0.860–0.899 | 0.880 | 0.872–0.893 | 0.0041 | NS |
| Cysteine | 0.828$^{x}$ | 0.812–0.855 | 0.833$^{x}$ | 0.797–0.852 | 0.800$^{y}$ | 0.786–0.820 | 0.0058 | ** |
| Glutamine | 0.929 | 0.918–0.949 | 0.927 | 0.897–0.936 | 0.919 | 0.913–0.931 | 0.0037 | NS |
| Glycine | 0.895 | 0.883–0.919 | 0.900 | 0.874–0.911 | 0.886 | 0.877–0.894 | 0.0039 | NS |
| Proline | 0.905$^{x}$ | 0.892–0.926 | 0.907$^{x}$ | 0.881–0.916 | 0.894$^{y}$ | 0.887–0.901 | 0.0035 | * |
| Serine | 0.917 | 0.906–0.934 | 0.922 | 0.897–0.933 | 0.911 | 0.901–0.920 | 0.0034 | NS |

$^{xy}$Within a row, means without a common superscripts differ (P < 0.05).
NS, P > 0.05; †, P < 0.10; *, P < 0.05; **, P < 0.01.
[a] Six replicates of six birds each per each SBM sample (eight samples from USA meals and seven samples from Brazil and Argentina meals).

### 5.3.2.Углеводы сои и соевого шрота.

#### 5.3.2.1.Крахмал

По данным [5] содержание крахмала в соевом шроте составляет около 0,3-2,1%, в среднем около 0,5% (см. таблицу 5.3.5).

#### 5.3.2.2. Некрахмалистые полисахариды (НПС)

В этом разделе будем рассматривать НПС соевого шрота с удаленной оболочкой. В настоящий момент есть несколько различных оценок состава НПС соевого шрота. Источником различий являются климатические условия выращивания, сорта сои. В таблице 5.3.5 представлен состав НПС соевого шрота из различных источников.

В детальном исследовании структуры полисахаридов соевого шрота [7] было установлено состав НСП соевого шрота состоят на 20%-30% из целлюлозы, 15-30% из гемицеллюлозы и на 50-70% из пектина. То есть пектин в соевом шроте является основным компонент НПС. При этом пектин соевого шрота по своей структуре значительно отличается от пектина других растений, 90% пектина находится в фракции нерастворимых НПС. Пектин соевого шрота достаточно устойчив к гидролизу промышленных пектиназ.

Гемицеллюлаза соевого шрота преимущественно состоит из ксилоглюканов вида (КККГ, где К – ксилоза, Г-глюкоза), подобно большинству гемицеллюлоз бобовых.

В некоторых образцах соевого шрота растворимые НПС содержат значительное количество ксилозы [6]. При этом было обнаружено соответствие высокой концентрации ксилозы в растворимых НПС и низкой скоростью роста и большой конверсией корма у цыплят. Был сделан вывод о том, что в данных образцах присутствуют растворимые арабиноксиланы, которые имеют высокую водосвязывающую способность и значительно повышают вязкость химуса, значительно снижая переваримость корма в целом.

В [8] проведен анализ содержания НПС в семенах сои в зависимости от содержания в семенах протеина и масла. Было показано, что содержание НПС в соевых семенах обратно пропорционально содержанию суммы протеина и масла, то есть с увеличением концентрации протеина и масла снижается концентрация НПС. В последующей работе [9] также было показано, что со снижением урожайности происходит рост содержания НПС. При этом при снижении урожайности происходит рост целлюлозы и гемицеллюлозы, а при снижении концентрации протеина и масла происходит увеличение концентрации пектина. Учитывая факт низкого содержания протеина в соевом шроте (семенах сои) и низкую урожайность сои в России можно говорить о том, что содержание НПС в соевом шроте российского производства из российских семян будет значительно выше, чем указывается в таблице 5.2.

Таблица 5.2.5. Состав углеводов соевого шрота различного происхождения (г/кг СВ)

| | СП | Кр. | НПС | Цел | Состав отличных от целлюлозы полисахаридов | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Рам | Фук | Ара | Кси | Ман | Гал | Глю | У.к. |
| **Шрот соевый 1, место происхождении – Австралия [5]** | | | | | | | | | | | | |
| Растворимые | | | 22,6 | | 0,4 | 0,3 | 5,3 | 0,3 | 1,7 | 5,0 | Следы | 15,9 |
| Нерастворимые | | | 165,1 | 43,4 | 3,3 | 3,6 | 23,7 | 18,1 | 5,9 | 35,3 | 4,1 | 29,0 |
| Всего | 506 | 21 | 187,7 | 43,4 | 3,7 | 3,9 | 29,0 | 18,4 | 7,8 | 40,3 | 4,1 | 44,9 |
| **Шрот соевый 2, место происхождении – Австралия [5]** | | | | | | | | | | | | |
| Растворимые | | | 30,7 | | 0,8 | 0,4 | 5,8 | 0,1 | 3,1 | 6,6 | Следы | 13,9 |
| Нерастворимые | | | 175,1 | 53,1 | 2,5 | 2,8 | 24,8 | 16,4 | 6,7 | 38,2 | 3,2 | 27,4 |
| Всего | 530 | 4 | 205,8 | 53,1 | 3,3 | 3,2 | 30,6 | 16,5 | 9,8 | 44,8 | 3,2 | 41,3 |
| **Шрот соевый 3, место происхождении – США [5]** | | | | | | | | | | | | |
| Растворимые | | | 29,7 | | 1,0 | 0,3 | 6,4 | 1,1 | 2,3 | 7,6 | 3,5 | 7,5 |
| Нерастворимые | | | 143,4 | 37,2 | 2,7 | 3,2 | 21,9 | 11,2 | 6,4 | 38,9 | следы | 21,9 |
| Всего | 557 | 3 | 173,1 | 37,2 | 3,7 | 3,5 | 28,3 | 12,3 | 8,7 | 46,5 | 3,5 | 29,4 |
| **Шрот соевый 4, место происхождении – Австралия [5]** | | | | | | | | | | | | |
| Растворимые | | | 31,1 | | 1,6 | 0,6 | 5,9 | 0,2 | 2,6 | 8,6 | Следы | 11,6 |
| Нерастворимые | | | 182,2 | 58,2 | 2,3 | 3,0 | 23,3 | 17,4 | 9,1 | 41,0 | 3,7 | 24,2 |
| Всего | 531 | 3 | 213,3 | 58,2 | 3,9 | 3,6 | 29,2 | 17,6 | 11,7 | 49,6 | 3,7 | 35,8 |
| **Шрот соевый 5, место происхождении – США [5]** | | | | | | | | | | | | |
| Растворимые | | | 31,1 | | 0,6 | 0,5 | 6,6 | 2,8 | 1,9 | 6,1 | 2,9 | 9,7 |
| Нерастворимые | | | 146,0 | 29,1 | 2,4 | 3,2 | 23,5 | 11,1 | 5,9 | 43,9 | 2,0 | 24,9 |
| Всего | 557 | 5 | 177,1 | 29,1 | 3,0 | 3,7 | 30,1 | 13,9 | 7,8 | 50,0 | 4,9 | 34,6 |
| **Шрот соевый 6, место происхождении – Австралия [5]** | | | | | | | | | | | | |
| Растворимые | | | 24,7 | | 0,3 | 0,3 | 5,0 | 0,6 | 2,3 | 5,1 | 1,5 | 9,6 |
| Нерастворимые | | | 165,9 | 49,7 | 2,3 | 3,0 | 21,9 | 16,3 | 6,9 | 39,1 | 2,8 | 23,9 |
| Всего | 526 | 5 | 190,6 | 49,7 | 2,6 | 3,3 | 26,9 | 16,9 | 9,2 | 44,2 | 4,3 | 33,5 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Шрот соевый 7, место происхождении – США [5]** | | | | | | | | | | | | |
| Растворимые | | | 23,0 | | 0,7 | 0,3 | 3,9 | 1,8 | 1,8 | 3,6 | 2,6 | 8,3 |
| Нерастворимые | | | 140,6 | 29,6 | 1,8 | 3,2 | 22,5 | 12,7 | 4,9 | 40,9 | Следы | 25,0 |
| Всего | 542 | 10 | 163,6 | 29,6 | 2,5 | 3,5 | 26,4 | 14,5 | 6,7 | 44,8 | 2,6 | 33,3 |
| **Шрот соевый 8, место происхождении – Австралия [5]** | | | | | | | | | | | | |
| Растворимые | | | 31,6 | | 0,2 | 0,4 | 5,9 | 2,7 | 2,2 | 5,9 | 5,0 | 9,3 |
| Нерастворимые | | | 151,2 | 39,6 | 2,0 | 2,9 | 22,6 | 16,0 | 5,4 | 37,0 | 0,2 | 25,5 |
| Всего | 523 | 6 | 182,8 | 39,6 | 2,2 | 3,3 | 28,5 | 18,7 | 7,6 | 42,9 | 5,2 | 34,8 |
| **Шрот соевый (в среднем) [6]** | | | | | | | | | | | | |
| Растворимые | | | 63 | | 1 | | 9 | 2 | 5 | 16 | 6 | 25 |
| Нерастворимые | | | 154 | 62 | 2 | | 17 | 17 | 8 | 25 | 1 | 23 |
| Всего | | | 217 | 62 | 3 | | 26 | 29 | 13 | 41 | 7 | 48 |

#### 5.3.2.3. Моно-, ди- и олиго- сахара соевого шрота

Общее содержание сахаров в соевом шроте без оболочки составляет около 15% в СВ. Содержание моносахаров (глюкозы, фруктозы) незначительно и составляет менее 1%. В стандартном соевом шроте 45-55% (6-8% на СВ) от этого количества представлено сахарозой. Из других ди-сахаров присутствует мальтоза в незначительном количестве. Остальные растворимые сахара представляют собой олигосахара семейства альфа-галактозидов (раффиноза, стахиоза, вербаскоза).

Накопление сахаров в семенах происходит во время их созревания 50-60 дней после цветения [10]. В литературных источниках существуют различные оценки содержания растворимых сахаров в соевом шроте. В частности в [11] приводятся оценки по содержанию сахаров в соевом шроте 10-15% в СВ. Причин достаточно широкого диапазона несколько: наличие или отсутствие оболочки в шроте, место происхождения и общее количество НПС, генетические изменения в соевых семенах. В таблице 5.2 были указаны параметры соевого шрота без оболочки. В соевом шроте с оболочкой содержание соевой оболочки составляет примерно 9%. При этом происходит разбавление содержания сахаров из-за низкого содержания сахаров в соевой оболочке. Судя по всему, увеличение количества НПС приводит к некоторому снижению концентрации сахаров. Олигосахара (альфа-галактозиды) соевого шрота значительно снижают переваримость протеина, НПС и тем самым снижают значение обменной энергии соевого шрота [12], поэтому предпринимаются попытки произвести генетические изменения в семенах сои с целью снижения концентрации альфа-галактозидов в семенах (шроте) [10,13] с целью улучшить рост и конверсию корма. Результатами генетических модификаций семян сои получены линии с очень низким содержанием альфа-галактозидов, при этом в одних линиях происходит снижение общего количества сахаров, в других линиях вместо альфа-галактозидов синтезируется сахароза [10].

### 5.4. Минералы в соевом шроте. Фитиновая кислота

Содержание минералов в соевом шроте в соевом шроте незначительно зависит от местности и условий выращивания сои. Соя содержит относительно немного фосфора (в сравнении с подсолнечиком). Содержание фитинового фосфора в соевом шроте составляет от 1,3% до 1,7%. Проводятся работы по генной модификации семян сои с целью снизить содержание фитинового фосфора.

**Литература к главе 5. «Обзор сои и соевого шрота»**

1. Э.Г. Перкинс «Состав соевых семян и соевых продуктов», в «Практическое руководство по переработке и использованию сои», под редакцией Д.Р.Эриксон, Москва, «Макцентр»,2002.

2. M. Frikha, M.P. Serrano, D.G. Valencia, P.G. Rebollar, J. Fickler, G.G. Mateos
Correlation between ileal digestibility of amino acids and chemical composition of soybean meals in broilers at 21 days of age
Animal Feed Science and Technology *178 (2012) 103– 114*

3. www.feedipedia.org

4. Rostagno, 2005.

5. Irish, G. G. and D. Balnave. 1993. Non-starch polysaccharides and broiler performance on diets containing soyabean meal as the sole protein concentrate. Aust. J. Agric. Res. 44:1483-1499.

6. Bach Knudsen, K. E. 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. Anim. Feed Sci. Technol. 67:319-338.

7.Miranda M.H. Huisman**.**
Elucidation of the chemical fine structure of polysaccharides from soybean and maize kernel cell walls, Wageningen. 2000

8.S.K. Stombaugh, H.G. Jung, J.H. Orf and D.A. Somers, 2000,
Genotypic and Environmental Variation in Soybean Seed Cell Wall Polysaccharides Crop Science, Vol. 40 No. 2, p. 408-412

9.S.K. Stombaugh, H.G. Jung, J.H. Orf and D.A. Somers, 2003,
Relationships between Soybean Seed Cell Wall Polysaccharides, Yield, and Seed Traits
Crop Science,vol. 43:571–576

10. R.L.Obendorf, S.M.Kosina

Soluble Carbohydrates in Soybean
In “Soybean - Biochemistry, Chemistry and Physiology”, InTech (www.intechopen.com)

11. M. Choct, Y. Dersjant-Li, J. McLeish and M. Peisker
Soy Oligosaccharides and Soluble Non-starch Polysaccharides:
A Review of Digestion, Nutritive and Anti-nutritive Effects in Pigs and Poultry
Asian-Aust. J. Anim. Sci., Vol. 23, No. 10 : 1386 – 1398, October 2010

12. K.L. LESKE and C.N. COON, 1999
Nutrient Content and Protein and Energy Digestibilities of Ethanol-Extracted, Low a-Galactoside Soybean Meal as Compared to Intact Soybean Meal
Poultry Science 78:1177–1183

13. Kurt Richard Perryman
Nutrient Digestibility, Growth Performance, and Carcass Characteristics of Broilers Fed Diets Formulated with Low Oligosaccharide Soybean Meals
Auburn, Alabama, August 4, 2012

## 6. Сравнение белковой фракции подсолнечного шрота и соевого шрота.

### 6.1. Сравнение белковой фракции подсолнечного шрота и соевого шрота по основным компонентам

В предыдущих разделах был проведен детальный анализ параметров белковой фракции подсолнечного шрота и соевого шрота с учетом различных меняющихся условий, как место происхождение, сроки уборки и т.д. Усредненные значения приведены в таблице 1.

**Таблица 6.1. Состав белковой фракции подсолнечного шрота и соевого шрота.**
Все значения в % в сухом веществе.

| | Белковая фракция подсолнечного шрота | | Соевый шрот | |
|---|---|---|---|---|
| | Значение | Диапазон | Значение | Диапазон |
| Сырой протеин | 53,0 | 51-60 | 53,5 | 47-57 |
| Сырой жир | 1,5 | 1-2 | 1,5 | 1-2 |
| Крахмал | 0,2 | 0,1-0,2 | 0,6 | 0,2-1,0 |
| Моно- и ди- сахара | 7,0 | 5-7,5 | 8,3 | 6,5-8,8 |
| Олигосахара (галактозиды) | 3,5 | 2,5-4,0 | 7,1 | 5-8 |
| Общая диетическая клетчатка | 19,0 | 17-22 | 20,0 | 17-24 |
| Растворимая | 4,5 | 3,0-6,0 | 3,2 | 2,5-6,2 |
| Нерастворимая | 12,8 | 11-14 | 15,2 | 14-19 |
| Полифенолы | 4,5 | 4-5 | | |
| в т.ч. хлорогеновая к-та | 3,7 | 3-4 | | |
| Зола | 9,2 | | 7,7 | |
| Фитиновая кислота | 3,6 | 3-4 | 1,5 | 1,3-2 |

**Сравнение протеина**

Переваримость протеина белковой фракции шрота подсолнечника и соевого шрота практически одинакова. Аминокислотный состав и его переваримость детально проанализирована.

Определено, что основным индикатором, показывающим качество (переваримость) протеина соевого шрота является растворимость протеина в 0,2% растворе КОН. В тоже время адекватного анализа переваримости протеина в шроте подсолнечника (белковой фракции) в зависимости от используемых технологических режимов тепловой обработки в процессе производства не определено/не разработано. Использование анализа растворимости протеина в 0,2% растворе КОН не полностью соответствует подсолнечнику,

так как у протеина подсолнечника кривая растворимости протеина отлична от сои, поэтому требуется корректировка процедуры. Отсутствие адекватных средств контроля создает риски колебаний и стабильности результатов в зависимости от используемых технологических режимов производства шрота.

### Сырой жир

Сырой жир в шротах имеет одинаковую переваримость.

### Крахмал

Данных о переваримости крахмала в шротах нет. С учетом малого количества в шротах крахмала и, как правило, высокой его переваримости будем считать, что переваримость одинакова.

### Моно- и ди- сахара

Моно- и ди- сахара практически полностью перевариваются в ЖКТ птицы независимо от возраста. Ди-сахара представлены сахарозой. Содержание моно- и ди- сахаров незначительно выше в соевом шроте. Но данные соотношения могут меняться в зависимости от условий уборки и созревания семян. Зависимости приведены в предыдущих обзорах.

### Олигосахара (альфа-галактозиды)

Олигосахара в подсолнечном и соевом шроте представлены альфа-галактозидами (раффинозой, стахиозой, вербаскозой). В подсолнечном шроте последнего времени была обнаружена только раффиноза, в тоже время в более ранних работах были зафиксированы незначительные количества стахиозы. В соевом шроте основным олигосахаридом является стахиоза. Количество раффинозы в среднем в 3-4 раза меньше. Количество вербаскозы незначительно. Факторы, влияющие на количество олигосахаров в шротах, рассмотрены ранее. Количество олигосахаров (галактозидов) в соевом шроте примерно в 2 раза выше, чем в белковой фракции подсолнечного шрота.

Птица не имеет ферментов для гидролиза альфа-галактозидов, поэтому переваривание альфа-галактозидов осуществляется только за счет микробиологической ферментации. Кишечная переваримость альфа-галактозидов не превышает 7%, в тоже время общая переваримость у бройлеров от 60% [1] до 85% [2] , у взрослой птицы - 99% [2]. В тоже время у бройлеров не все продукты ферментации олигосахаров (летучие жирные кислоты и молочная кислота) успевают всосаться и таким образом быть источниками энергии [2].

При этом энергетическая ценность продуктов ферментации составляет 50-65% от энергетической эффективности глюкозы. Так как альфа-галактозиды ферментируются бактериальной микрофлорой, то под их влиянием происходят значительные изменения в составе микробиоты птицы.

В исследовании о влиянии стахиозы на скорость роста и конверсию бройлеров было установлено, что начиная с содержания стахиозы в корме свыше 1,0% начинается снижение скорости роста и увеличение конверсии корма [3].

С другой стороны, при небольших концентрациях альфа-галактозиды могут иметь пробиотический эффект и улучшать скорость роста и конверсию корма в диапазоне концентрации в корме 0-0,3% [4]. В тоже время эксперименты [5] при добавлении раффинозы, стахиозы свыше 0,5% в соевый концентрат показывали резкое снижение обменной энергии соевого концентрата, достигая снижение обменной энергии до 10%. При этом, судя по результатам данных исследований, раффиноза и стахиоза сходным образом влияют на переваримость и обменную энергию. Аналогично было показано, что снижение содержания альфа-галактозидов на 70-90% в соевом шроте полученном из соевых бобов специальной селекции дает большее содержание протеина и меньше клетчатки в соевом шроте. При этом содержание обменной энергии в соевом шроте с низким содержанием альфа-галактозидов повышается на 8% [6].

С учетом общего количества альфа-галактозидов в соевом шроте можно говорить о том, что при повышении содержания соевого шрота в корме свыше 15-20% альфа-галактозиды будут негативно влиять на рост и конверсию корма. Частичная замена соевого шрота шротом подсолнечника позволяет снизить содержание альфа-галактозидов в корме и тем самым улучшить скорость роста и конверсию корма.

## Общая диетическая клетчатка

Общая диетическая клетчатка состоит из некрахмалистых полисахаридов (НПС) и лигнина.

Несмотря на распространенное мнение о высоком содержании клетчатки в шроте подсолнечника, сравнение по общей диетической клетчатке белковой фракции шрота подсолнечника и соевого шрота показывает, что белковая фракция шрота подсолнечника по содержанию общей диетической клетчатки соответствует образцам американского соевого шрота. Соевый шрот аргентинского и тем более российского происхождения имеет большее содержание общей диетической клетчатки, чем белковая фракция шрота подсолнечника. Несколько большая величина содержания сырой клетчатки в белковой

фракции шрота подсолнечника отражает только большое количество фракции целлюлозы, так как при данном виде анализа происходит потеря гемицеллюлозы и пектина.

В белковой фракции шрота подсолнечника значительная часть растворимых НПС (некрахмалистых полисахаридов) представляет собой пектин [5]. Исследования по влиянию ввода пектина разной степени эстерификации и происхождения в рацион бройлеров показывает, что существует значительная зависимость параметров пектина на скорость роста и конверсию корма. Низкометилированный пектин при вводе в корм в количестве 1,5% и 3% незначительно ухудшает скорость роста и конверсию корма, в отличие от высокометилированного пектина. При вводе белковой фракции шрота подсолнечника в корм в количестве 20% получаем, что содержание пектина в корме около 1%. Данные по использованию шрота подсолнечника в рационах птицы говорят о том, что растворимые НПС не оказывают значительного влияния на переваримость, тем более что при использовании мультиферментных комплексов происходит эффективный гидролиз растворимых НПС подсолнечника, при этом целесообразно в мультиферментной композиции иметь достаточный уровень пектиназной активности.

Соевый шрот содержит значительное количество пектина (9% и более) [8]. При этом пектин соевого шрота не растворим, не образует гелевых масс и плохо поддается гидролизу при помощи ферментов [8]. В некоторых образцах соевого шрота растворимые НПС содержат значительное количество ксилозы [9]. При этом было обнаружено соответствие высокой концентрации ксилозы в растворимых НПС и низкой скоростью роста и большой конверсией корма. Был сделан вывод о том, что в данных образцах присутствуют растворимые арабиноксиланы, которые имеют высокую водосвязывающую способность и значительно повышают вязкость химуса.

Существуют различные оценки переваримости НПС. В [2] было показано, что переваримость растворимого пектина у бройлеров и взрослой птицы составляет 65% и73% соответственно, при этом общая переваримость НПС не превышала 6%. В [10] показаны более высокие значения переваримости НПС, достигающие 20% как для растворимых, так и нерастворимых НПС. При этом при использовании ферментов переваримость НПС несколько выше. В [11] показано, что доля энергии, получаемой в результате ферментации НПС не превышает 42 кДж (10 ккал), что соответствует не более 2-3% от обменной энергии корма. Таким образом значение НПС с энергетической точки зрения не велико. В тоже время растворимые НПС оказывают существенное влияние на

- вязкость,
- на изменение физиологии ЖКТ,
- микробиоту,

и тем самым влияют на переваримость корма в целом.

Нерастворимые НПС значительно влияют на моторику ЖКТ и не оказывают прямого значительного влияния на переваримость. Переваримость нерастворимых НПС по некоторым данным близка к нулю.

**Полифенолы**

Полифенолы белковой фракции шрота подсолнечника большей частью представлены в виде хлорогеновой кислоты. Концентрация полифенолов (хлорогеновой кислоты) в семенах подсолнечника зависит от спелости семян и изменяется в течении первых двух месяцев хранения. Детальных исследований по всасыванию и гидролизу хлорогеновой кислоты у птицы в настоящий момент нам не известно. Всасывание хлорогеновой кислоты в кишечнике незначительное. Под действием ферментов – гидролаз, как эндогенного (бактериального) происхождения, так и экзогенных ферментов, применяемых в производстве кормов, может происходить гидролиз хлорогеновой кислоты на кофейную и хинную и биотрансформация кофейной кислоты в более доступные для всасывания метаболиты. Следствием этого является более высокий коэффициент переваримости хлорогеновой кислоты. В тоже время детальных исследований по метаболизму полифенолов подсолнечника у птицы не проведено.

ВНИТИП установлено ограничение на ввод хлорогеновой кислоты в кормах птицы в 1%. С учетом концентрации хлорогеновой кислоты в белковой фракции шрота подсолнечника 3,5-4% допустимый уровень ввода белковой фракции шрота – 25%. Исследования по использованию высокопротеинового шрота подсолнечника на птице показывают адекватность данной оценки.

**Минералы и фитиновая кислота.**

По содержанию калия, натрия и хлора белковая фракция шрота подсолнечника соответствует соевому шроту.

В подсолнечнике много фосфора, 77-85% из которого представляет из себя фитиновый фосфор. При повышении ввода белковой фракции шрота подсолнечника в корма увеличивается концентрация фитинового фосфора. Поэтому создание условий для более оптимального использования фитинового фосфора белковой фракции шрота подсолнечника и выбор оптимальных концентраций кальция, общего фосфора, фитазы и витамина Д может быть объектом дополнительных исследований.

### 6.2. Обменная энергия белковой фракции подсолнечного шрота в сравнении с соевым шротом

Для сравнения обменной энергии белковой фракции подсолнечного шрота с соевым шротом необходимо проводить непосредственные измерения на птице. В тоже время, на основании имеющегося химического состава можно произвести расчет. Сравнение белковой фракции подсолнечного шрота будем производить относительно соевого шрота. Общепринятым является формула для расчета кажущейся обменной энергии Всемирной научной ассоциации по птицеводству:

КОЭа (ккал/100 г) = 3,70 * %СП +8,2*%СЖ+ 3,99*%Кр+3,11*%Сах,

Где СП-сырой протеин, СЖ- сырой жир, Кр – крахмал, Сах – сахар (приведенный к сахарозе).

В таблице 2 показаны относительные изменения состава белковой фракции шрота подсолнечника и соевого шрота, полученные на основании данных таблицы 1, показывающие на сколько какого из компонентов одного из шротов больше относительно другого.

Таблица 2.

| | Белковая фракция подсолнечного шрота | | Соевый шрот | |
|---|---|---|---|---|
| | Значение, % | КОЭа, Ккал/100г | Значение, % | КОЭа, Ккал/100г |
| Сырой протеин | | | 0,5 | 3,70 |
| Крахмал | | | 0,4 | 3,99 |
| Моно- и ди- сахара | | | 1,3 | 3,11 |
| Олигосахара (галактозиды) | | | 3,6 | 3,11 |
| Общая диетическая клетчатка | | | 1,0 | - |
| Полифенолы | 4,5 | | | |
| Фитиновая кислота | 2,1 | | | |

Так как обменная энергия полифенолов в настоящий момент не определена, то ухудшая параметры белковой фракции шрота подсолнечника примем ее равной нулю. Гидролиз фитиновой кислоты не высок. Требуются дополнительные исследования по повышению уровня гидролиза фитиновой кислоты и ее вкладу в обменную энергию. Поэтому мы также примем значение обменной энергии фитиновой кислоты равной нулю.

Переваримость олигосахаров (альфа-галактозидов) у взрослой птицы 99%, у бройлеров по некоторым оценкам 60%. Поэтому для бройлеров значение обменной энергии для олигосахоров уменьшим в 1,5 раза.

Принимаем, что переваримость протеина соевого шрота и белковой фракции шрота подсолнечника одинакова.

Таким образом, на основании принятых допущений обменная энергия белковой фракции шрота подсолнечника для взрослой птицы будет на 18,7 ккал/100 г СВ меньше, чем у соевого шрота, для бройлеров на 14,9 ккал/100 г СВ. При влажности шрота 10% значение обменной энергии белковой фракции шрота подсолнечника будут меньше обменной энергии соевого шрота на 16,8 ккал/100 г и 13,4 ккал/100 г соответственно для бройлеров и взрослой птицы. При значении обменной энергии соевого шрота 263 ккал/100 г, обменная энергия белковой фракции подсолнечного шрота будет на 6,5% и 5% меньше, чем обменная энергия соевого шрота с примерно одинаковым уровнем протеина для взрослой птицы и циплят-бройлеров.

При наличии в белковой фракции примеси частиц лузги значение обменной энергии нужно будет уменьшить на величину примеси частиц лузги, так как значение обменной энергии лузги близко к нулю.

**Вывод: значение обменной энергии белковой фракции шрота подсолнечника меньше значения соевого шрота с аналогичным значением протеина на 5% для бройлеров и на 6,5% для взрослой птицы.**

**Литература к разделу**

1. Kocher, A., Choct, M., Porter, M.D. and Broz, J. 2000. The effects of enzyme addition to broiler diets containing high levels of canola or sunflower meal.
*Poultry Science* 79, 2000, 1767–1774.

2. Carre, B., J. Gomez and A. M. Chagneau. 1995. Contribution of oligosaccharide and polysaccharide digestion, and excreta losses of lactic acid and short chain fatty acids, to dietary metabolisable energy values in broiler chickens and adult cockerels. Br. Poult. Sci. 36:611-629.

3.H. Q. JIANG, L. M. GONG,, Y. X. MA, Y. H. HE, D. F. LI AND H. X. ZHAI, Effect of stachyose supplementation on growth performance, nutrient digestibility and caecal fermentation characteristics in broilers, British Poultry Science Volume 47, Number 4 (August 2006), pp. 516—522

4.HUA Jing,HE Xin,YANG Zuo-Jun,ZHANG Shu-Ping,YANG Wen-Yu,Liu Lian, The Effect of Raffinose on Growth Performance and Ability of Antioxidation in Broilers
Journal of Beijing University of Agriculture, 2010, 04.

**5.** Leske, K. L., C. J. Jevne, and C. N. Coon. 1993. Effect of oligosaccharide additions on nitrogen corrected true metabolizable energy of soy protein concentrate.
Poult. Sci. 72:664-668.

6. Kurt Richard Perryman
Nutrient Digestibility, Growth Performance, and Carcass Characteristics of Broilers Fed Diets Formulated with Low Oligosaccharide Soybean Meals
A thesis in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science
Auburn, Alabama, August 4, 2012

7. E.-M. Dusterhoft
CHARACTERISATION AND ENZYMIC DEGRADATION OF NONSTARCH POLYSACCHARIDES IN LIGNOCELLULOSIC BYPRODUCTS
A study on sunflower meal and palm-kernel meal,
Wageningen. 1993

8.Miranda M.H. Huisman**.**
Elucidation of the chemical fine structure of polysaccharides from soybean and maize kernel cell walls
Wageningen. 2000

9. Irish, G. G. and D. Balnave. 1993. Non-starch polysaccharides and broiler performance on diets containing soyabean meal as the sole protein concentrate. Aust. J. Agric. Res. 44:1483-1499.

10. X. Meng, IMPROVED NUTRIENT UTILIZATION AND GROWTH PERFORMANCE OF BROILER CHICKENS FED DIETS SUPPLEMENTED WITH MULTICARBOHYDRASE ENZYME PREPARATIONS
A Thesis, Manitoba,2005

11. Jorgensen, H., X. Zhao, K. E. Bach-Knudsen and B. O. Eggum. 1996. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. Br. J. Nutr. 75:379-395.