

DOI 10.25741/2413-287X-2022-02-3-164

УДК 664.788

# ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНОПЛЯНОГО ЖМЫХА В КОРМЛЕНИИ СВИНЕЙ

С. ЗВЕРЕВ, д-р техн. наук, ВНИИЗ — филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

А. ЛАМАНОВ, ООО «Бионика»

E-mail: zverevsv@yandex.ru; a.lamanov@simbio.ru

Оживленный интерес к конопле и расширение масштабов возделывания данной культуры актуализирует вопросы переработки и использования ее семян. Традиционно из них отжимали масло, побочным продуктом этого процесса является жмых — высокобелковый продукт, который может быть использован в кормопроизводстве. Белки конопли лимитированы по лизину и комплементарны белкам бобовых культур (сое, гороху, люпину), что позволяет, дополняя друг друга в кормовой смеси, улучшать профиль незаменимых аминокислот и таким образом повышать качество белка и кормовую ценность продукта.

Ключевые слова: конопля, жмых, бобовые, свиньи, белок, смеси.

Выращивание конопли в России имеет давнюю историю. Когда-то пенька — грубое лубяное волокно, полученное из стеблей конопли, — шла на экспорт [1]. Во времена правления Н.С. Хрущева возделывание конопли опрочетливо было запрещено. Страна лишилась целой отрасли. В последнее время законодательные послабления и технологические новации в процессах переработки конопли на волокно оживили интерес к ее возделыванию. Часть семян этой культуры поступает в посевной фонд, а часть — на переработку с целью производства масла. Побочный продукт данного производства — жмых (ГОСТ 11694-66 «Жмых конопляный. Технические условия»), который может быть использован в кормлении животных.

Как видно из таблицы 1, семена конопли и особенно конопляный жмых богаты белком [2]. Однако это еще не является признаком высокой кормовой ценности продукта.

The revival of interest in Cannabis (hemp) and the expansion of the scale of its cultivation are actualizing the issues of processing and use of its seeds. Traditionally hemp seeds are the source of oil while the cake contains high amounts of protein and hence could be used in feed production. Hemp protein has limited lysine content and its amino acid profile is complementary to the proteins of the legumes (soy, peas, lupin); the combining of hemp protein with leguminous proteins improves the essential amino acid profile in the resulting mixtures, thereby increasing protein quality and nutritive value of these feed-grade products.

Keywords: hemp, cake, legumes, pigs, protein, mixtures.

Белка в нем может быть много, но если он низкого качества, то и эффективность его невысока. Качество белка оценивают по минимальному скору, сравнивая его профиль незаменимых аминокислот (НАК) с профилем эталонного (идеального) белка [3]. Аминокислотный состав идеального белка для некоторых половозрастных групп свиней (к общему белку): лизин — 7,1%, метионин — 2,3%, метионин + цистин — 4,2%, изолейцин — 4,0%, лейцин — 7,1%, треонин — 4,6%, фенилаланин — 3,9%, фенилаланин + тирозин — 6,9%, триптофан — 1,3%, валин — 4,8%, гистидин — 2,2%, аргинин — 2,8% [4].

В семенах конопли был идентифицирован 181 белок, среди которых два основные — глобулин бобового типа эдестин (67–75%) и альбумин глобулярного типа (25–37%). У этих двух белков разный аминокислотный состав и функциональные характеристики. Белок конопли

Таблица 1. Химический состав семян конопли и продуктов их переработки, в среднем, %

Продукт	Сухое вещество	Сырой жир	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Зольные вещества
Цельное семя	94,1 ± 2,0	30,4 ± 2,7	24,0 ± 2,1	32,1 ± 2,5	4,8 ± 0,7
Лущеные семена	95,1 ± 1,4	46,7 ± 5,0	35,9 ± 3,6	7,8 ± 5,1	6,4 ± 0,8
Жмых	95,1 ± 2,3	10,2 ± 2,2	40,7 ± 8,8	30,5 ± 8,8	6,7 ± 1,0
Семенная оболочка	94,9 ± 1,8	10,3 ± 5,8	12,7 ± 3,7	64,9 ± 9,3	3,9 ± 0,6

Таблица 2. Содержание аминокислот в продуктах переработки и белковых фракциях семян конопли, в среднем, %

Аминокислота	Продукт				Фракции белка	
	цельное семя	лущеные семена	жмых	семенная оболочка	альбумин	глобулин
Аланин	0,96 ± 0,09	1,52 ± 0,14	1,61 ± 0,32	0,40 ± 0,17	3,91	2,84
Аргинин	2,28 ± 0,26	4,55 ± 0,45	3,91 ± 0,89	0,94 ± 0,80	12,82	16,12
Аспарагин	2,39 ± 0,18	3,66 ± 0,37	3,66 ± 0,67	0,90 ± 0,35	7,93	9,47
Цистин	0,41 ± 0,06	0,65 ± 0,07	0,70 ± 0,15	0,18 ± 0,06	3,20	3,32
Глютаминовая кислота	3,74 ± 0,30	6,23 ± 0,77	6,03 ± 1,24	1,19 ± 0,62	20,37	21,48
Глицин	1,06 ± 0,10	1,61 ± 0,15	1,66 ± 0,35	0,41 ± 0,16	8,26	4,10
Гистидин	0,55 ± 0,06	0,97 ± 0,11	0,93 ± 0,19	0,25 ± 0,15	3,68	3,87
Изолейцин	0,80 ± 0,11	1,29 ± 0,35	1,45 ± 0,23	0,39 ± 0,14	2,02	2,86
Лейцин	1,49 ± 0,16	2,14 ± 0,28	2,35 ± 0,45	0,71 ± 0,27	4,05	5,57
Лизин	0,86 ± 0,09	1,26 ± 0,05	1,32 ± 0,27	0,33 ± 0,16	7,37	3,69
Метионин	0,56 ± 0,08	0,94 ± 0,12	0,88 ± 0,25	0,18 ± 0,12	1,74	4,07
Фенилаланин	1,03 ± 0,16	1,43 ± 0,30	1,62 ± 0,30	0,53 ± 0,09	1,32	3,27
Пролин	0,90 ± 0,10	1,62 ± 0,41	1,59 ± 0,32	0,69 ± 0,48	3,82	3,87
Серин	1,19 ± 0,17	1,70 ± 0,17	1,73 ± 0,32	0,42 ± 0,16	5,12	5,73
Треонин	1,01 ± 0,22	1,27 ± 0,11	1,35 ± 0,23	0,36 ± 0,13	4,63	2,60
Триптофан	0,23 ± 0,06	0,38 ± 0,07	0,39 ± 0,10	0,06 ± 0,04	0,16	0,34
Тирозин	0,68 ± 0,11	1,28 ± 0,22	1,15 ± 0,28	0,40 ± 0,07	2,02	3,41
Валин	1,14 ± 0,14	1,78 ± 0,19	1,91 ± 0,30	0,60 ± 0,31	2,90	3,41

содержит девять незаменимых аминокислот, необходимых сельскохозяйственным животным. В таблице 2 приведено среднее содержание аминокислот в продуктах переработки и белковых фракциях семян конопли.

В семенах конопли находится большое количество антипитательных веществ. К таковым можно отнести фитиновую кислоту (фитат) как доминирующий антипитательный фактор в конопляном жмыхе со средней концентрацией 22,5 мг/г. Фитиновая кислота ухудшает биодоступность питательных веществ, превращая катионы в нерастворимые комплексы. В меньшем количестве в семенах конопли присутствуют глюкозинолаты (3,80 мкмоль/г), ингибиторы трипсина (2,88 МЕ/мг белка) и конденсированные танины (0,23 мг/г) [5].

Энергетическая ценность конопляного жмыха составляет 305 ккал/100 г. Его питательность выражается 43–50 кг крахмальных эквивалентов при 19–21% перевариваемого белка. Конопляный жмых богат фитином (кальциево-магниева соль инозитфосфорной кислоты), который стимулирует кроветворение, усиливает рост и развитие костной ткани; улучшает функцию нервной системы при заболеваниях, связанных с недостатком фосфора в организме [5].

Целью исследований стала оценка возможности использования конопляного жмыха в смеси с соевым жмыхом и бобовыми культурами (горохом и люпином) для получения кормовой добавки с улучшенным качеством белка. Общий белок и аминокислотный профиль бобовых культур с учетом усвояемости свиньями взяты нами из базы данных программы расчета комбикормов. Поскольку подобные данные по конопле отсутствуют, соответствующий НАК белка был взят из базы данных для пищевых продуктов [6].

Расчеты проводились по методике балансирования скоров лимитирующих аминокислот комплементарных белков по специально разработанной программе [7].

Общий белок ( $B$ ) и эталонный белок ( $B_3$ ) смеси оценивался по формулам:

$$B = X(B_1 - B_2) + B_2, \quad (1)$$

$$B_3 = C \cdot B, \quad (2)$$

где  $X$  — доля первого компонента;

$B_1$  и  $B_2$  — общий белок конопли и бобовых;

$C$  — минимальный скор НАК смеси.

Скоры лимитирующих НАК рассчитывались по формулам:

$$C_1 = \frac{X(C_{11}B_1 - C_{12}B_2) + C_{12}B_2}{X(B_1 - B_2) + B_2}, \quad (3)$$

$$C_2 = \frac{X(C_{21}B_1 - C_{22}B_2) + C_{22}B_2}{X(B_1 - B_2) + B_2}, \quad (4)$$

где  $B_1$  и  $B_2$  — общий белок конопли и бобовых;

$C_{12}$  и  $C_{11}$  — минимальный скор лимитирующей НАК

в бобовых и скор этой же НАК в конопле;

$C_{21}$  и  $C_{22}$  — минимальный скор лимитирующей НАК

(метионин + цистин) в бобовых и скор этой же НАК в конопле;

$X \leq 1$  — доля конопли в смеси.

Если белок смеси во всем диапазоне варьирования неполный, то в оптимальной точке  $C_1 = C_2 < 1$ . Если в не-

Таблица 3. Скоры белка (безразмерная величина)

Компонент	Влажность, %	Общий белок, %	Скоры НАК		Эталонный белок
			лизина	метионина + цистина	
Конопляный жмых	5,0	31,5	0,44	0,95	13,7
Соевый жмых	8,2	41,3	0,99	0,58	23,9
Люпин	8,9	35,7	0,57	0,42	15,0
Горох	13,9	25,0	0,79	0,39	8,6

котором диапазоне белок полноценен, то в точках  $C_1 = 1$  и  $C_2 = 1$ , и из уравнений (3) и (4) следуют два решения  $X_1$  и  $X_2$ , ограничивающие диапазон доли бобовых, в котором белок смеси полноценен:

$$X_1 = 1 / \left[ 1 + \frac{B_1(1 - C_{11})}{B_2(C_{12} - 1)} \right], 0 < X_1 < 1, \quad (5)$$

$$X_2 = 1 / \left[ 1 + \frac{B_1(1 - C_{21})}{B_2(C_{22} - 1)} \right], 0 < X_2 < 1. \quad (6)$$

В общем случае решений может и не быть.

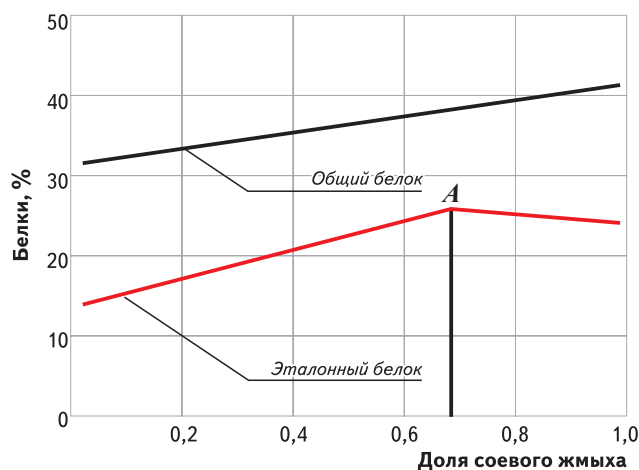
Анализ скоров показал, что лимитирующей НАК в конопле является лизин, в бобовых культурах — метионин + цистин. Как видно из данных таблицы 3, у всех компонентов белок неполный, то есть скор лимитирующей НАК меньше единицы. Белок конопли комплементарен белку бобовых. Содержание метионина + цистина в белке конопли существенно больше, чем в бобовых.

Для примера на графике показаны изменения общего и эталонного белка в зависимости от доли соевого жмыха в смеси с конопляным жмыхом. Видно, что белок смеси неполный. С ростом доли соевого жмыха возрастает общий белок. В точке А скор лимитирующих НАК (лизин и метионин + цистин) становится максимальным, таковой становится и доля эталонного белка в смеси.

В таблице 4 приведены результаты расчета минимальной доли бобовых (числитель) и содержания белка (знаменатель), соответствующие точке А на графике, для различной комбинации зернопродуктов.

При сравнении данных таблиц 3 и 4 видно, что содержание общего белка в смеси меньше, чем в компонентах по отдельности, при этом скор лимитирующей НАК и доля эталонного белка больше. Таким образом, получить идеальный белок в смеси не удастся, однако можно повысить содержание эталонного белка.

Следует отметить экономический аспект производства подобных смесей. Согласно некоторым источникам, например, на 20 апреля 2021 г. стоимость 1 кг соевого жмыха составляла 45–50 руб., люпина — около 40 руб., гороха — около 22 руб., а конопляного жмыха — 20–30 руб. Во всех случаях использование конопляного жмыха снижает стоимость смеси и вместе с тем повышает качество белка (особенно в смеси с горохом). Полученные значения доли зерна бобовых (5, 6) и идеального белка (2) в смесях с конопляным жмыхом являются ориентировочными, поскольку



Влияние доли соевого жмыха в смеси с конопляным жмыхом на общий и эталонный белок

Таблица 4. Результаты расчета доли бобовых, содержания общего и эталонного белка для различной комбинации зернопродуктов

Бобовая культура и продукты ее переработки	Конопляный жмых			
	Доля бобовых, %	Общий белок, %	Эталонный белок, %	Минимальный скор
Соевый жмых	69	38	26	0,67
Горох	65	22	16	0,64
Люпин	75	35	19	0,54

расчеты основаны на среднестатистических данных. Уточнение возможно при наличии результатов лабораторных анализов на общий белок и лимитирующие НАК конкретных компонентов в конкретных партиях продукта.

Анализ аминокислотного профиля белка бобовых культур и семян конопли, а также выполненные расчеты позволяют сделать несколько выводов. Каждый компонент имеет различие в лимитирующих НАК: у конопляного жмыха таковой является лизин, зернобобовые лимитированы по метионину + цистину, то есть белки этих продуктов комплементарны и могут дополнять друг друга. Использование конопляного жмыха с бобовыми культурами повышает в подобных композициях качество белка (минимальный скор, долю его эталонной части), однако не позволяет получить полноценный белок. Осно-

ванная на концепции эталонного белка, методика балансирования скоров лимитирующих НАК позволяет получить ориентировочные значения доли бобовых в смеси с конопляным жмыхом. Точность расчетов зависит от точности исходных данных — содержания общего белка и лимитирующих НАК компонентов смеси. Предлагаемые белковые смеси можно использовать в рационе животных как кормовые продукты с улучшенным, чем у исходных компонентов, качеством белка.

#### Литература

1. Серков, В. А. История коноплеводства в России / В. А. Серков, А. А. Смирнов, М. Р. Александрова // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. — 2018. — Вып. 3 (175). — С. 132–141. — DOI: 10.25230/2412-608X-2018-3-175-132-141.
2. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits, and industrial applications / W. Leonard [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. — 2020. — Vol. 19. — Issue 1. — P. 282–308. — DOI: 10.1111/1541-4337.12517.
3. Зверев, С. В. Оценка качества белка бобовых культур / С. В. Зверев, М. А. Никитина // Комбикорма. — 2017. — № 4. — С. 37–41.
4. Рядчиков, В. Идеальный белок в рационах свиней и птицы / В. Рядчиков, М. Омаров, С. Полежаев // Животноводство России. — 2010. — Февраль. — С. 49–51.
5. Возделывание среднерусской однодомной конопли в лесостепи Среднего Поволжья : практ. реком. / В. А. Серков [и др.]. — ГНУ Пензенский НИИСХ Россельхозакадемии, 2011. — 40 с.
6. Жмых конопляный. Химический состав и пищевая ценность [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://health-diet.ru/table\\_calorie\\_users/1436931/](https://health-diet.ru/table_calorie_users/1436931/).
7. Зверев, С. В. Сбалансированность белковых добавок по критерию конвертируемого белка / С. В. Зверев, М. А. Никитина // Пищевые системы. — 2019. — № 1. — С. 16–19. — DOI: 10.21323/2618-9771-2019-2-1-16-19. ■