

А.А. ХОЧЕНКОВ¹, А.С. ПЕТРУШКО¹, Д.Н. ХОДОСОВСКИЙ¹,
В.А. БЕЗМЕН¹, И.И. РУДАКОВСКАЯ¹, Т.А. МАТЮШОНОК¹,
М.В. ДЖУМКОВА¹, Л.А. ТАНАНА²

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЛИПИДНОЙ ФРАКЦИИ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ОТКОРМА СВИНЕЙ

¹*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

¹*Гродненский государственный аграрный университет,
г. Гродно, Республика Беларусь*

Жиры являются важной частью рациона животных, поэтому необходимо установить жирнокислотный состав комбикормов для откорма, поскольку на этой стадии развития животных определяется качество и безопасность свинины, непосредственно влияющей на качество продовольствия. В статье представлены материалы по изучению жирнокислотного состава липидных фракций комбикормов СК-26 и СК-31, который представлен 12 насыщенными, 5 моненасыщенными и 6 полиненасыщенными жирными кислотами. Установлен удельный вес каждой кислоты в общей структуре жирных кислот, а также в структуре своего класса. Соотношение между группами полиненасыщенных жирных кислот омега-6 и омега-3 изменялось от 4,96 до 11,60 (липидная фракция комбикорма СК-26) и от 6,69 до 9,23 (липидная фракция комбикорма СК-31). Полученные результаты позволят в дальнейшем совершенствовать липидное питание свиней и контролировать трофическую цепочку при проведении гигиенических исследований в промышленном свиноводстве.

Ключевые слова: насыщенные, моненасыщенные, полиненасыщенные жирные кислоты, омега-3, омега-6.

A.A. KHOSHENKOV¹, A.S. PETRUSHKO¹, D.N. KHODOSOVSKY¹,
V.A. BEZMEN¹, I.I. RUDAKOVSKAYA¹, T.A. MATYUSHONOK¹,
M.V. JUMKOVA¹, L.A. TANANA²

FATTY ACID COMPOSITION OF THE LIPID FRACTION OF COMPOUND FEED FOR FATTENING PIGS

¹*Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences
of Belarus for Animal Breeding, Zhodino, Republic of Belarus*

¹*Grodno State Agrarian University, Grodno, Republic of Belarus*

Fats are an important part of the diet of animals, so it is necessary to establish the fatty acid composition of compound feed for fattening, since at this stage of animal

growth the quality and safety of pork is determined, which directly affects the quality of food. The paper contains the materials on the study of the fatty acid composition of the lipid fractions of compound feeds SK-26 and SK-31, which include 12 saturated, 5 monounsaturated and 6 polyunsaturated fatty acids. The proportion of each acid in the total structure of fatty acids as well as in the structure of its class was established. The ratio between the groups of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids varied from 4.96 to 11.60 (the lipid fraction of SK-26 compound feed) and from 6.69 to 9.23 (the lipid fraction of SK-31 compound feed). The results obtained will allow further improvement of lipid nutrition of pigs and control of trophic chain when carrying out hygienic studies in industrial pig breeding.

Key words: saturated, monounsaturated, polyunsaturated fatty acids, omega-3, omega-6.

Введение. Наряду с белками, углеводами, витаминами и минералами важной частью рациона животных являются жиры (липиды), которые необходимы им как источник энергии, незаменимых эссенциальных жирных кислот и жирорастворимых витаминов [1, 2, 3, 4]. Информация по качеству и оптимизации протеинового, аминокислотного, углеводного и минерального питания животных (в том числе свиней) достаточно широко представлена в научной литературе, однако научные работы по определению липидной составляющей рационов весьма немногочисленны. Последние данные фундаментальных биологических исследований свидетельствуют о роли жиров не только в поддержании энергетического баланса организма особей, но и в формировании иммунного ответа на воздействия инфекционных агентов, качестве получаемой продукции [5, 6, 7]. Большой научный и практический интерес представляет изучение жирнокислотного состава (далее ЖК) жировой части рациона в свиноводстве, где в значительной степени произошли изменения в структуре кормового баланса. По ряду экономических и внешнеполитических причин импортные составляющие комбикормов (жмыхи и шроты сои и подсолнечника) в значительной степени заменяются местными кормами (рапсовые продукты), что влияет на состав кормовых жиров [8]. На фуражные цели недостаточно используются животные жиры производства мясокомбинатов из-за их высокой стоимости. Всё это в конечном итоге отражается на продуктивности и экономическом положении свиноводства. Согласно действующей нормативной документации, содержание жиров в комбикормах для откорма свиней СК-26 и СК-31 должно составлять соответственно от 2 до 7 % и от 2 до 8 % [9]. От их химического состава в значительной степени зависит качество продукции свиноводства, поскольку липидные фракции свинины во многом определяют её кулинарные характеристики и биологическую полноценность.

Цель исследований: Первым этапом в исследовании влияния липидной фракции рационов на продуктивность свиней, по нашему

мнению, является установление жирнокислотного состава комбикормов для откорма, поскольку на этой стадии развития животных определяется качество и безопасность свинины, непосредственно влияющей на качество продовольствия. Полученные данные могут стать базисом для изучения влияния жирнокислотного состава рационов на продуктивность и иммунитет животных, а также качество получаемой продукции.

Материал и методика исследований. Для исследований нами отобраны образцы комбикормов СК-26 и СК-31 с восемью свиноводческих комплексов Беларуси. В аккредитованной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности» из вышеуказанных образцов экстрагирована и определена (согласно ГОСТу 13496.15-2016, п. 10) масса липидной фракции и установлен согласно ГОСТу 31663-2012 и ГОСТу 31665-2012 их жирнокислотный состав. Данные обработаны методами вариационной статистики с определением среднего содержания каждой жирной кислоты в образцах, лимитов, ошибки средней арифметической, коэффициента вариации. При расчётах ЖК были распределены по группам в зависимости от их химического строения и биологической роли (насыщенные (далее НЖК), мононенасыщенные (далее МНЖК), полиненасыщенные (далее ПНЖК), омега-3, омега-6). Рассчитана доля каждой жирной кислоты как в общей структуре, так и в структуре своего класса. Определено соотношение насыщенных жирных кислот к ненасыщенным и мононенасыщенным, омега 6 к омега 3.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Данные по удельному весу насыщенных жирных кислот в структуре липидной фракции комбикормов приведены в таблице 1. Они имеют достаточно стабильный состав и менее реакционно способны, чем представители НЖК, у которых есть двойные связи. МНЖК содержат одну такую связь, а ПНЖК – более одной двойной связи (от 2 до 6). Многие ЖК ещё до установления их строения имели тривиальные названия, которые настолько прочно утвердились в литературе, что трудно исключить из употребления. Поэтому правилами Международного союза теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) для номенклатуры ЖК допускается использование тривиальных названий.

Таблица 1 – Удельный вес НЖК в комбикормах для откорма свиней, %

Тривиальное название	В общей структуре жирных кислот			В структуре НЖК
	M±m	Min - max	Cv	
1	2	3	4	5
Комбикорм СК-26 (n=8)				
Каприловая	0,005±0,001	0-0,01	106,9	0,04
каприновая	0,006±0,001	0-0,01	82,8	0,05
лауриновая	0,03±0,007	0,01-0,06	61,2	0,22

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
миристиновая	0,11±0,012	0,07-0,16	29,7	0,83
пентадеценовая	0,06±0,008	0,04-0,11	42,3	0,05
пальмитиновая	9,9±0,84	8,37-15,23	23,8	75,83
маргариновая	0,07±0,004	0,06-0,1	19,0	0,53
стеариновая	1,9±0,13	1,54-2,49	19,6	14,43
арахиновая	0,45±0,031	0,27-0,54	19,4	3,41
генэйкоциловая	0,13±0,011	0,07-0,17	24,2	0,98
лигноцериновая	0,20±0,007	0,17-0,23	10,0	1,51
бегеновая	0,28±0,013	0,21 -0,32	13,5	2,12
Итого НЖК	13,16±0,784	11,39-18,05	16,6	100
Комбикорм СК-31 (n=5)				
каприловая	0,002±0,002	0-0,01	223,6	0,015
каприновая	0	0	0	0
лауриновая	0,022±0,004	0,01-0,03	38,0	0,17
миристиновая	0,10±0,011	0,09-0,14	21,7	0,75
пентадеценовая	0,048±0,002	0,04-0,05	9,3	0,36
пальмитиновая	9,4±0,51	8,61-11,18	10,9	71,06
маргариновая	0,07±0	0,07	0	0,52
стеариновая	1,95±0,38	1,56-3,32	39,1	14,7
арахиновая	0,46±0,016	0,41-0,51	7,0	3,46
генэйкоциловая	0,71±0,39	0,13-1,81	110,5	5,35
лигноцериновая	0,21±0,019	0,16-0,26	18,1	1,58
бегеновая	0,27±0,01	0,26-0,29	4,6	2,03
Итого НЖК	13,26±0,80	11,93-15,96	12,0	100

Необходимо отметить, что поскольку вопросы биологического значения ЖК в обеспечении здоровья и продуктивности животных изучены и освещены в специальной литературе недостаточно, то необходимые краткое пояснение хода и причин наших исследований даны по ходу изложения материала раздела. В химическом плане ЖК представляют собой алифатические одноосновные карбоновые кислоты с открытой цепью. Основные их представители имеют чётное число атомов углерода, что связано с особенностями их биосинтеза. Тем не менее, определённая часть жирных кислот имеет нечётное количество атомов, что препятствует их метаболизации и в общем оказывает негативный эффект на организм. В наших исследованиях они представлены пентадеценовой, маргариновой и генэйкоциловой кислотами. Однако их концентрации в структуре насыщенных кислот невелики – соответственно 0,05 %, 0,53 и 0,98 %, что соответствует фоновым значениям в продуктах животного и растительного происхождения. Преобладающей НЖК в комбикормах является пальмитиновая. С структуре НЖК она в среднем занимает 75,83 % (СК-26) и 71,06 % (СК-31). На втором месте –

стеариновая кислота – соответственно 14,43 и 14,7 %. В качестве потенциально нежелательных можно, в дополнение к кислотам с нечётным числом атомов, назвать каприновую и бегеновую, которые повышают в организме уровень холестерина низкой плотности. Однако их содержание невелико, что не вызывает большого беспокойства в метаболическом отношении.

В общей структуре ЖК среднее значение концентрации НЖК составляет 13,16 и 13,26 %, что указывает на растительное происхождение компонентов комбикормов, поскольку при включении в их состав сырья животного происхождения уровень насыщенных кислот был бы выше. Коэффициент вариации по обоим рецептам комбикормов невелик (16,6 и 12,0 %), что указывает на достаточно стабильные их концентрации.

Помимо традиционных в настоящее время широко распространена классификация ненасыщенных ЖК («омега-номенклатура»), предложенная Холманом в 1964 году [10]. Она позволяет учитывать путь образования ЖК в организме. В ней концевой атом углерода, независимо от длины цепи, обозначается символом ω . Отсчёт положения двойных связей производится не как обычно от карбоксильной группы, а от конечной метильной группы. Двойные связи в ЖК могут иметь цис- или транс-конфигурацию. Цис-конфигурация двойной связи делает цепь молекулы изогнутой, что нарушает упорядоченное расположение насыщенных радикалов и снижает тем самым температуру плавления. Чем больше двойных связей в ЖК липидов, тем ниже температура их плавления. ЖК с транс-конфигурацией двойной связи могут поступать в организм с гидрогенизированными жирами промышленного изготовления из растительных масел. В этих кислотах отсутствует излом, характерный для цис-связи, поэтому жиры, содержащие такие ненасыщенные кислоты, имеют более высокую температуру плавления, т. е. более твёрдые по консистенции. Чем выше температура плавления жира, тем сложнее он метаболизируется организмом и тем больше энергии необходимо затратить на протекание биохимических реакций.

Данные по удельному весу мононенасыщенных ЖК в комбикормах СК-26 и СК-31 представлены в таблице 2. Основной составляющей МНЖК является олеиновая кислота, которая в их структуре составляет 96,2 и 96,45 %. Отрицательную роль на организм животных оказывает эруковая кислота, которая находится в продуктах переработки семян рапса. Её средние концентрации в липидах 0,22 и 0,17 %. В настоящее время регламентирующих законодательно оформленных ограничений для этого вредного вещества нет. Нормативная документация только ограничивает содержание эруковой кислоты в масле и экстракте жмыха, которые используются на кормовые цели – 5 %. С учётом того, что масла в рецепты комбикормов вводится до 2 %, а жмыха – 5 %, то

очевидно, что данные показатели находятся на верхней уровне нормы или, возможно, немного превышают её.

Таблица 2 – Удельный вес МЖК в комбикормах для откорма свиней, %

Тривиальное название кислоты	В общей структуре ЖК			В структуре МНЖК
	M±m	Min - Max	Cv	
Комбикорм СК-26 (n =8)				
пальмитолеиновая	0,22±0,015	0,14-0,27	19,1	0,50
олеиновая	41,7±3,37	22,84-47,71	22,6	96,2
гондоиновая	1,05±0,03	0,92-1,17	9,9	2,41
эруковая	0,22±0,043	0,09-0,48	54,9	0,50
нервоновая	0,17±0,013	0,13-0,25	22,1	0,39
Итого МНЖК	43,55±3,36	24,12-49,22	21,7	-
НЖК : МНЖК	0,33±0,062	0,24-0,73	52,1	-
НЖК : (МНЖК + ПНЖК)	0,14±0,011	0,12-0,21	21,2	-
Комбикорм СК-31(n=5)				
пальмитолеиновая	0,23±0,014	0,19-0,26	12,6	0,52
олеиновая	42,37±1,05	22,84-47,71	22,6	96,45
гондоиновая	0,96±0,071	0,81-1,11	15,0	2,18
эруковая	0,17±0,032	0,06-0,21	36,9	0,38
нервоновая	0,21±0,036	0,13-0,29	35,0	0,47
Итого МНЖК	43,94±1,14	39,93-45,51	5,2	-
НЖК : МНЖК	0,30±0,031	0,25-0,39	20,3	-
НЖК : (МНЖК + ПНЖК)	0,15±0,009	0,13-0,17	11,9	-

В общей структуре липидной фракции мононенасыщенные жиры в среднем составляют 43,55 и 43,94 %, соотношение НЖК : МНЖК – 0,33 и 0,30, НЖК : (МНЖК+ПНЖК) – 0,14 и 0,14.

ПНЖК, необходимые животным, но которые образуются в ходе биосинтеза в их организмах, называют незаменимыми. Поступление незаменимых ЖК в организм возможно только с рационом. К незаменимым ПНЖК относятся 18-атомные жирные кислоты семейств n-6 и n-3 (омега-6 и омега-3). Данные по их содержанию приведены в таблице 3.

В структуре общей структуре жирных кислот омега-3 составляют в среднем 5,81 и 5,69 %, а в структуре ПНЖК – 13,41 и 13,18 %. В группу омега-3 входят альфа-линоленовая (преобладающая), а также тимнодоновая и докозодиеновая практически в следовых количествах. Также тремя кислотами представлена группа омега-6: линолевая, эйкозодиеновая, арахидоновая. Среднее соотношение между группами омега-6 и

омега-3 – 6,68 и 7,6, что близко к диетическим нормативам в питании людей.

Таблица 3 – Удельный вес ПНЖК в комбикормах для откорма свиней, %

Тривиальное название кислоты	В общей структуре жирных кислот			В структуре ПНЖК
	M±m	Min - Max	Cv	
Комбикорма СК-26 (n=8)				
альфа-линоленовая	5,74±0,31	4,07-6,53	15,5	13,23
тимнодоновая	0,04±0,020	0-0,16	155,3	0,09
докозациеновая	0,04±0,004	0,02-0,06	37,0	0,09
Итого омега-3	5,81±0,34	4,09-6,75	20,7	13,41
линолевая	37,35±2,78	31,79-51,14	20,8	86,18
эйкозациеновая	0,17±0,04	0-0,36	70,4	0,39
арахионовая	0,01±0,006	0-0,05	169,0	0,02
Итого омега-6	37,55±2,79	32,02-51,2	20,8	86,59
Итого ПНЖК	43,36±3,13	36,11-57,95	22,8	100
омега-6 : омега-3	6,68±0,80	4,96-11,60	33,6	-
МНЖК : ПНЖК	1,10±0,20	0,74-2,34	51,9	-
Комбикорма СК-31 (n=5)				
альфа-линоленовая	5,61±0,31	4,69-6,18	10,7	13,0
тимнодоновая	0,024±0,016	0-0,06	136,9	0,06
докозациеновая	0,052±0,015	0-0,08	59,8	0,12
Итого омега-3	5,69±0,28	4,81-6,18	9,8	13,18
линолеиладиновая	0,032±0,03	0-0,16	223,6	0,07
линолевая	36,39±0,81	34,45-38,88	4,4	85,14
эйкозациеновая	0,66±0,19	0,39-1,31	58,7	1,54
арахионовая	0,06±0,069	0-0,31	223,0	0,14
Итого омега-6	37,15±0,78	35,19-39,59	4,2	86,82
Итого ПНЖК	42,84±0,53	41,37-44,4	2,5	100
омега-6 : омега-3	7,60±0,49	6,69-9,23	13,0	-
МНЖК : ПНЖК	1,02±0,037	0,89-1,10	7,3	-

Заключение. Установлен жирнокислотный состав липидных фракций комбикормов для откорма свиней СК-26 и СК-31. Он представлен 12 насыщенными, 5 мононенасыщенными и 6 полиненасыщенными жирными кислотами. Определён удельный вес каждой кислоты в общей структуре жирных кислот, а также в структуре своего класса. В общей структуре средние доли НЖК составляли 13,16-13,26 % (преобладала пальмитиновая кислота – 9,4-9,9 %), МНЖК – 43,55-43,94 % (преобладала олеиновая кислота – 41,7-42,37 %), ПНЖК – 42,84-43,36 % (преобладала линолевая кислота – 36,39-37,35 %). Установлен удельный вес нежелательных для кормовых средств жирных кислот (0,17-0,22 % эруковой и 0,27-0,28 % бегеновой). Соотношение между группами полиненасыщенных жирных кислот омега-6 и омега-3 изменялось от 4,96 до

11,60 (липидная фракция комбикорма СК-26) и от 6,69 до 9,23 (липидная фракция комбикорма СК-31). Полученные результаты позволяют накапливать научную информацию, необходимую для совершенствования липидного питания свиней, и контроля трофической цепочки при проведении гигиенических исследований в промышленном свиноводстве.

Литература

5. Березов, Т. Т. Биологическая химия / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. – Москва : Медицина, 1998. – 704 с.

1. Калмыков, С. Т. Определение качества кормовых жиров / С. Т. Калмыков. – Москва : Колос, 1976. – 192 с.

8. Камышан, Е. М. Стабильность жиров и масел / Е. М. Камышан, Б. Ю. Малышкин // Масла и жиры. – 2004. - № 10. – С. 4-5.

9. Комбикорма для свиней. Общие технические условия. – Минск : Госстандарт, 2010. – 20 с.

2. Кононский, А. И. Биохимия животных / А. И. Кононский. – Киев : Вища шк., 1984. – 415 с.

10. Кузнецов, Д. Г. Органическая химия : учебное пособие / Д. Г. Кузнецов. – СПб. : Лань, 2016. – 556 с.

6. Северин, Е. С. Биохимия : учебник / Е. С. Северин. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 768 с.

3. Свиной жир. Прошлое, настоящее и будущее / А. А. Хоченков [и др.] // Наше сельское хозяйство. – 2022. - № 24. – С. 1-6.

9. Хоченков, А. А. Качество компонентов животного происхождения для выработки комбикормов / А. А. Хоченков, И. В. Котович, О. П. Позывайло // Учёные записки УО «ВГАВМ». – 2021. – Т. 57, вып. 1. – С. 112-116.

10. Хоченков, А. А. Показатели качества концентрированных кормов растительного происхождения и их вариабельность / А. А. Хоченков, И. В. Котович, О. П. Позывайло // Учёные записки УО "ВГАВМ". – 2021. – Т. 57, вып. 1. – С. 116-119.

Поступила 31.01.2023 г.