

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИРОВОЙ И МЫШЕЧНОЙ ТКАНЕЙ СВИНЕЙ РАЗЛИЧНЫХ СДАТОЧНЫХ МАСС**

**В. В. СОЛЯНИК, С. В. СОЛЯНИК**

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству»,  
г. Жодино, Республика Беларусь, 222163*

**А. В. СОЛЯНИК**

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

*(Поступила в редакцию 12.02.2024)*

*В статье представлены результаты анализа табличной информации, изложенной в рецензируемых научных публикациях зоотехнического профиля. Выявлены закономерности физико-химического свойства жировой и мышечной тканей молодняка свиней различных сдаточных масс, которые были математически формализованы в виде компьютерных блок-программ.*

*Для технологического анализа интенсивности выращивания молодняка свиней в научных изданиях исследователи не представили ни возраст достижения сдаточного веса, ни среднесуточные приросты в конкретные периоды: подсос, доращивание, откорм. Поэтому затруднительно ответить на вопрос, насколько сдаточный вес молодняка свиней соответствовал технологическим нормам. Нами, при анализе данных, изложенных в статьях, было принято за аксиому, что уровень продуктивности молодняка свиней соответствовал нормативам.*

*Использование табличного процессора MS Excel позволяет осуществлять численное моделирование различных характеристик свинины, в зависимости от сдаточной массы свиней – от 80 до 140 кг. В частности, в свинине, полученной от молодняка свиней, можно рассчитать: перекисное и кислотное число жира хребтового и бокового шпика; содержание витамина А в хребтовом и боковом шпике; удельный вес полиненасыщенных жирных кислот в хребтовом шпике или в боковом шпике; жирнокислотный состав хребтового и бокового шпика; физико-химических свойств мышечной ткани свиней.*

*Выявленные зависимости и математически формализованные физико-химические закономерности параметров свинины с учетом сдаточного веса, позволяют отказаться от проведения «очередных» научно-хозяйственных опытов и не тратить деньги и время на формирование контрольных и опытных групп, на проведение статистической обработки полученных результатов.*

**Ключевые слова:** *свиньи, сдаточный вес, физико-химические характеристики, зависимости, закономерности, математическая формализация.*

*The article presents the results of an analysis of tabular information presented in peer-reviewed scientific publications in the zootechnical field. Regularities of the physicochemical*

properties of fat and muscle tissues of young pigs of various delivery masses were identified, which were mathematically formalized in the form of computer block programs.

For a technological analysis of the intensity of raising young pigs in scientific publications, researchers did not present either the age at which the delivery weight was reached, or the average daily gains in specific periods: suckling, growing, fattening. Therefore, it is difficult to answer the question to what extent the delivery weight of young pigs complied with technological standards. When analyzing the data presented in the articles, we took it as an axiom that the level of productivity of young pigs met the standards.

The use of a spreadsheet processor MS Excel allows for numerical modeling of various characteristics of pork, depending on the delivery weight of pigs – from 80 to 140 kg. In particular, in pork obtained from young pigs, it is possible to calculate: the peroxide and acid value of back and side fat; vitamin A content in back and side fat; specific mass of polyunsaturated fatty acids in backfat or side fat; fatty acid composition of back and side fat; physico-chemical properties of pig muscle tissue.

The identified dependencies and mathematically formalized physical and chemical patterns of pork parameters, taking into account the delivery weight, make it possible to refuse to conduct “regular” scientific and economic experiments and not to waste money and time on the formation of control and experimental groups, on statistical processing of the results obtained.

**Key words:** pigs, delivery weight, physical and chemical characteristics, dependencies, patterns, mathematical formalization.

**Введение.** Особенности научных публикаций по вопросам зоотехнии заключаются в предоставлении читателям описания постановки научно-хозяйственных опытов, особенностей формирования контрольных и опытных групп животных, а также статистическую обработку полученных результатов и уровень достоверности различий, если таковые имеются.

При этом основной акцент исследователи делают на различия между достигнутыми результатами в опытных группах в сравнении с контрольными. В то же время в аттестационных работах указывается, что соискатель ученой степени (кандидата или доктора сельскохозяйственных наук) якобы выявил зависимости и закономерности, однако никакой математической формализации в диссертациях не приводится.

Цель работы: провести численное моделирование физико-химического свойства жировой и мышечной тканей свиней различных даточных масс.

**Основная часть.** В качестве исходной информации для достижения цели исследования были взяты данные из опубликованных результатов научных экспериментов [1–4]. В анализируемых источниках нет достоверной информации в каком возрасте были свиньи, которых передавали на убой живой массой 80...140 кг. Отсутствие этих данных не позволяет дать зоотехническую оценку интенсивности роста молодняка свиней, то есть уровень среднесуточного прироста в различные тех-

нологические периоды (подсосный, дорастивание, откорм; выращивание от рождения до реализации; и др.). Это в совокупности не дает четкого ответа, сколько производится свинины в год в расчете на свиноместо (среднегодовую голову).

Численное моделирование, а точнее математическую формализацию выявленных скрытых закономерностей качественных характеристик свинины осуществляли нами разработанными методами [5–8].

Нами разработаны следующие блок-программы (табл. 1–7).

Таблица 1. Блок-программа расчета перекисного числа жира шпика хребтового и бокового, ммоль О/кг

	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>
<b>1</b>		Перед закладкой на хранение в морозильной камере	После 3-месячного хранения
<b>2</b>	Сдаточная масса (80...140), кг	<b>80</b>	<b>80</b>
<b>3</b>	Шпик хребтовый	$=0,63667+0,0435*B2-0,0002167*B2^2$	$=1,01222+0,02911*C2-0,0001111*C2^2$
<b>4</b>	Шпик боковой	$=7,57667-0,08117*B2+0,0003167*B2^2$	$=13,0222-0,20522*C2+0,0009556*C2^2$

Таблица 2. Блок-программа расчета кислотного числа жира шпика хребтового и бокового, мг КОН

	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>
<b>1</b>		Перед закладкой на хранение в морозильной камере	После 3-месячного хранения
<b>2</b>	Сдаточная масса (80...140), кг	<b>80</b>	<b>80</b>
<b>3</b>	Шпик хребтовый	$=5,51556+0,16856*B2-0,0008889*B2^2$	$=0,743333+0,041*C2-0,0002333*C2^2$
<b>4</b>	Шпик боковой	$=6,76222-0,06406*B2+0,0001722*B2^2$	$=5,016667-0,0516667*C2+0,00026667*C2^2$

Таблица 3. Блок-программа расчета содержания витамина А в шпике хребтовом и боковом откормочного молодняка свиней различных сдаточных масс, мкг/100 г

	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>
<b>1</b>	Сдаточная масса (80...140), кг		<b>80</b>
<b>2</b>	Шпик хребтовый	содержание	$=68,4+0,125*C1-0,0005*C1^2$
<b>3</b>	Шпик хребтовый	100 г продукта, в % к суточной потребности	$=7,5444+0,013889*C1-0,00005556*C1^2$
<b>4</b>	Шпик боковой	содержание	$=74,71111+0,02055556*C1-0,00005556*C1^2$
<b>5</b>	Шпик боковой	100 г продукта, в % к суточной потребности	$=7,64444+0,0138889*C1-0,00005556*C1^2$

Таблица 4. Блок-программа расчета удельного веса полиненасыщенных жирных кислот в хребтовом шпике (ХШ) или в боковом шпике (БШ), %

	<b>А</b>	<b>В</b>
1	Удельный вес полиненасыщенных жирных кислот в ХШ или в БШ, %	ХШ
2	Цис-8, 11, 14 эйкозатриеновая	=ЕСЛИ(В1="ХШ";0,07; ЕСЛИ(В1="БШ";0,41))
3	Цис-11, 14, 17 эйкозатриеновая	=ЕСЛИ(В1="ХШ";0,0023; ЕСЛИ(В1="БШ";0,023))
4	Докозагексаеновая	=ЕСЛИ(В1="ХШ";0,0022; ЕСЛИ(В1="БШ";0,005))
5	Альфа-линоленовая	=ЕСЛИ(В1="ХШ";0,97; ЕСЛИ(В1="БШ";0,66))
6	Итого омега-3	=ЕСЛИ(В1="ХШ";1,06; ЕСЛИ(В1="БШ";1,1))
7	Линолевая	=ЕСЛИ(В1="ХШ";9,11; ЕСЛИ(В1="БШ";10,31))
8	Гамма-линоленовая	=ЕСЛИ(В1="ХШ";0,02; ЕСЛИ(В1="БШ";0,02))
9	Арахидоновая	=ЕСЛИ(В1="ХШ";0,32; ЕСЛИ(В1="БШ";0,26))
10	Линолеадиновая	=ЕСЛИ(В1="ХШ";0,0012; ЕСЛИ(В1="БШ";0,0013))
11	Эйкозодиеновая	=ЕСЛИ(В1="ХШ";0,061; ЕСЛИ(В1="БШ";0))
12	Итого омега-6	=ЕСЛИ(В1="ХШ";9,5; ЕСЛИ(В1="БШ";10,59))
13	Итого полиненасыщенных жирных кислот	=ЕСЛИ(В1="ХШ";10,6; ЕСЛИ(В1="БШ";11,7))
14	Отношение омега-6 к омега-3	=ЕСЛИ(В1="ХШ";9,5; ЕСЛИ(В1="БШ";9,8))

Таблица 5. Блок-программа расчета жирнокислотного состава шпика хребтового молодняка свиней различных сдаточных масс, %

	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>С</b>
1		Сдаточная масса (80...140), кг	80
2		Наименование жирной кислоты	
3	Насыщенные жирные кислоты	Масляная	=ЕСЛИ(С1<=110;0;0,02)
4		Капроновая	=ЕСЛИ(С1<=110;0;0,02)
5		Каприловая	=ЕСЛИ(С1<=110;0,01;0,02)
6		Каприновая	=ЕСЛИ(С1<=110;0,07;0,21)
7		Ундециловая	=ЕСЛИ(С1<=140;0)
8		Лауриновая	=ЕСЛИ(С1<=110;0,07;0,19)
9		Миристиновая	=9,393333-0,1763333*С1+0,0009333*С1^2
10		Миристолеиновая	=ЕСЛИ(С1<=110;0,02;0,04)

11		Пентадекановая	=ЕСЛИ(С1<=110;0,08;0,15)
12		Пальмитиновая	=175,9511-3,31411*С1+ 0,017477778*С1^2
13		Маргариновая	=3,12333-0,0595*С1+ 0,0003166667*С1^2
14		Гептадеценная	=4,71111-0,100611*С1+ 0,0005277778*С1^2
15		Стеариновая	=-38,32+1,086667*С1- 0,005633333*С1^2
16		Арахидиновая	=2,237777-0,0439444*С1+ 0,0002278*С1^2
17		Генэйкозановая	=ЕСЛИ(С1<=110;0,87;0)
18		Бегеновая	=ЕСЛИ(С1<=110;0,01;0,03)
19		Лигноцеринная	=ЕСЛИ(С1<=110;0;0,08)
20		Трикозановая	=ЕСЛИ(С1<=110;0;0,18)
21		Итого:	=157,29777-2,5877778*С1+ 0,0137444*С1^2
22	Ω-9	Пальмитолеиновая	=18,885556-0,3653889*С1+ 0,0019056*С1^2
23		Элаидиновая	=-0,736667+0,0146667*С1- 0,000066667*С1^2
24		Олеиновая	=-102,8222+3,047555*С1- 0,01632222*С1^2
25		цис-10 - пентадеценная	=ЕСЛИ(С1<=110;0;0,01)
26		Итого:	=-84,62444+2,695777*С1- 0,01447777*С1^2
27		Гондоиновая	=6,508888-0,1227222*С1+ 0,00063888*С1^2
28		Эруковая	=ЕСЛИ(С1<=110;0,02;0,03)
29		Нервоновая	=С1*0
30		цис-11-эйкозановая	=ЕСЛИ(С1<=110;0;1,85)
31		Итого Ω-9:	=15,6222-0,3190555*С1+ 0,001672222*С1^2
32		Итого мононенасыщенных жирных кислот:	=-69,00222+2,3767222*С1- 0,012805556*С1^2
33	Ω-3	γ-линоленовая	=ЕСЛИ(С1<=110;0,05;0,09)
34		α-линоленовая	=-0,80333+0,0396667*С1- 0,0002*С1^2
35		Эйкозатриеновая	=-0,63+0,0161667*С1- 0,0000833*С1^2
36		цис-11,14,17- эйкозатриеновая	=ЕСЛИ(С1<=110;0;0,14)
37		Эйкозапентаеновая	=ЕСЛИ(С1<=110;0;0,38)
38		Докозагексаеновая	=С1*0
39		Итого Ω-3:	=1,354-0,003277*С1+ 0,0000277778*С1^2
40		Линолеилаидовая	=-0,20222+0,0045555*С1- 0,00002222*С1^2
41		Линолевая	=6,91222+0,279111*С1- 0,0013111*С1^2

42		Арахидоновая	$= -1,73777 + 0,046777 * C1 - 0,000244444 * C1^2$
43		цис-8,11,14-эйкозатриеновая	$= \text{ЕСЛИ}(C1 \leq 110; 0; 0,17)$
44		цис-11,14-эйкозациеновая	$= \text{ЕСЛИ}(C1 \leq 110; 0; 0,9)$
45		цис-13,16-докозациеновая	$= \text{ЕСЛИ}(C1 \leq 110; 0; 0,03)$
46		Итого Ω-6:	$= 10,35 + 0,21433 * C1 - 0,00096667 * C1^2$
47		Итого полиненасыщенных жирных кислот:	$= 11,704444 + 0,2110555 * C1 - 0,00093889 * C1^2$

Таблица 6. Блок-программа расчета жирнокислотного состава шпика бокового молодняка свиней различных сдаточных масс, %

	А	В	С
1		Сдаточная масса (80...140), кг	80
2	Насыщенные жирные кислоты	Масляная	$= C1 * 0$
3		Капроновая	$= \text{ЕСЛИ}(C1 \leq 110; 0; 0,02)$
4		Каприловая	$= \text{ЕСЛИ}(C1 \leq 110; 0,01; 0,02)$
5		Каприновая	$= 0,39 - 0,006667 * C1 + 0,0000333 * C1^2$
6		Ундециловая	$= \text{ЕСЛИ}(C1 \leq 110; 0; 0,01)$
7		Лауриновая	$= 0,29222 - 0,0045555 * C1 + 0,00002222 * C1^2$
8		Миристиновая	$= 2,51 - 0,024833 * C1 + 0,00011667 * C1^2$
9		Миристолеиновая	$= \text{ЕСЛИ}(C1 \leq 110; 0,02; 0,01)$
10		Пентадекановая	$= 0,502222 - 0,0083889 * C1 + 0,0000389 * C1^2$
11		Пальмитиновая	$= 24,336666 - 0,042333 * C1 + 0,0003 * C1^2$
12		Маргариновая	$= 2,8933 - 0,0511667 * C1 + 0,00025 * C1^2$
13		Гептадеценивая	$= \text{ЕСЛИ}(C1 \leq 110; 0,03; 0,68)$
14		Стеариновая	$= 8,815555 + 0,074944 * C1 - 0,0002611 * C1^2$
15		Арахидиновая	$= -0,0288 + 0,0030556 * C1 - 0,0000056 * C1^2$
16		Генэйкозановая	$= -2,38 + 0,073 * C1 - 0,0004 * C1^2$
17		Бегеновая	$= \text{ЕСЛИ}(C1 \leq 110; 0,01; 0,02)$
18		Лигноцериновая	$= \text{ЕСЛИ}(C1 \leq 110; 0; 0,06)$
19		Трикозановая	$= \text{ЕСЛИ}(C1 \leq 110; 0; 0,15)$
20		Итого:	$= 41,8011 - 0,081944 * C1 + 0,0005944 * C1^2$

21	Ω-9	Пальмитолеиновая	$=3,81555-0,045055*C1+0,0002389*C1^2$
22		Элаидиновая	$=0,816667-0,014667*C1+0,00006667*C1^2$
23		Олеиновая	$=-10,2755+0,90322*C1-0,004122*C1^2$
24		цис-10 -пентадеценовая	$=ЕСЛИ(C1<=110;0;0,01)$
25		Итого:	$=-5,5944+0,84244*C1-0,003811*C1^2$
26		Гондоиновая	$=1,94555-0,02688*C1+0,00015556*C1^2$
27		Эруковая	$=0,02$
28		Нервоновая	$=-0,2+0,003833*C1-0,0000166667*C1^2$
29		цис-11-эйкозеновая	$=ЕСЛИ(C1<=110;0;1,23)$
30		Итого Ω-9:	$=7,77888-0,152888*C1+0,00082222*C1^2$
31		Итого мононенасыщенных жирных кислот:	$=2,18444+0,68955556*C1-0,002988889*C1^2$
32	Ω-3	γ-линоленовая	$=0,262222-0,004555*C1+0,000022222*C1^2$
33		α-линоленовая	$=1,2555+0,002944*C1-0,00006111*C1^2$
34		Эйкозатриеновая	$=-0,13222+0,0063888*C1-0,00003888*C1^2$
35		цис-11,14,17-эйкозатриеновая	$=ЕСЛИ(C1<=110;0;0,11)$
36		Эйкозапентаеновая	$=ЕСЛИ(C1<=110;0;0,25)$
37		Докозагексаеновая	$=ЕСЛИ(C1<=110;0;0,01)$
38		Итого Ω-3:	$=3,34111-0,037444*C1+0,0001444*C1^2$
39	Ω-6	Линолелаидовая	$=ЕСЛИ(C1<=110;0;0,02;0)$
40		Линолевая	$=49,6722-0,516056*C1+0,001972*C1^2$
41		Арахидиновая	$=-1,12555+0,0345556*C1-0,000189*C1^2$
42		цис-8,11,14-эйкозатриеновая	$=ЕСЛИ(C1<=110;0;0,12)$
43		цис-11,14-эйкозодиеновая	$=ЕСЛИ(C1<=110;0;0,74)$
44		цис-13,16-докозодиеновая	$=C1*0$
45		Итого Ω-6:	$=52,6733-0,570167*C1+0,00225*C1^2$
46		Итого полиненасыщенных жирных кислот	$=56,01444-0,607611*C1+0,0023944*C1^2$
47		Итого полиненасыщенных жирных кислот:	$=11,704444+0,2110555*C1-0,00093889*C1^2$

Таблица 7. Блок-программа расчета физико-химических свойств мышечной ткани свиней различных сдаточных масс

	А	В
1	Сдаточная масса (80...140), кг	80
2	Влагоудерживающая способность, %	$=87,222-1,1805556*B1+0,006722*B1^2$
3	Интенсивность окраски, ед. экстинкции	$=6,3222+1,06777*B1-0,00444*B1^2$
4	Потери мясного сока при нагревании, %	$=14,2666+0,491666*B1-0,0025*B1^2$

Чтобы воспользоваться блок-программами, являющимися результатом математической формализации выявленных, в научных источниках, закономерностей, достаточно скопировать их в конкретный диапазон ячеек электронных таблиц MS Excel.

**Заключение.** Выявленные закономерности физико-химического свойства жировой и мышечной тканей свиней различных сдаточных масс были математически формализованы в виде компьютерных блок-программ.

Использование табличного процессора MS Excel позволяет осуществлять численное моделирование различных характеристик свинины, в зависимости от сдаточной массы свиней – от 80 до 140 кг. В частности, в свинине, полученной от молодняка свиней, можно рассчитать: перекисное и кислотное число жира хребтового и бокового шпика; содержание витамина А в хребтовом и боковом шпике; удельный вес полиненасыщенных жирных кислот в хребтовом шпике и в боковом шпике; жирнокислотный состав хребтового и бокового шпика; физико-химических свойств мышечной ткани свиней.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Показатели качества шпика молодняка свиней различных сдаточных масс / А. С. Петрушко, Д. Н. Ходосовский, А. А. Хоченков и др. // Животноводство и ветеринария. – 2023. – № 3. – С. 8–12.
2. Полиненасыщенные жирные кислоты хребтового и бокового шпика откормочного молодняка свиней / А. А. Хоченков, А. С. Петрушко, Л. А. Танана и др. // Селекционно-генетические и технологические аспекты инновационного развития животноводства: сборник научных работ международной научно-практической конференции, посвящённой 65-летию со дня рождения профессора Лебедевко Егора Яковлевича, 15 декабря 2023 года. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. – С. 145–149.
3. Жирнокислотный состав жировой ткани молодняка свиней различных сдаточных масс / А. С. Петрушко, Д. Н. Ходосовский, А. А. Хоченков и др. // Descrierea CIP a Camerei Nationale a Cartii Conferinta stiintifico-practica cu participare international: «Gestionarea fondului genetic animalier – probleme, solutii, perspective» = Scientific and practical conference with international participation: «Management of the genetic fund of animals – problems, solutions, outlooks», 28–30 septembrie [2023, Maximovca]: Culegere de lucrari stiintifice / comitetul stiintific: Manner Oleg (preşedinte) [et al.]. – Maximovca: Print-Caro, 2023. – p.p. 297–304.
4. Влияние предубойной живой массы свиней на количество и качество получаемой свинины / Д. Н. Ходосовский, В. И. Беззубов, А. А. Хоченков, И. И. Рудаковская,

В. А. Безмен, А. С. Петрушко, А. Н. Соляник, Т. А. Матюшонок, М. В. Джумкова, О. М. Слинько // Зоотехническая наука Беларуси. – 2022. – № 57. – №2. – С. 258–266.

5. Соляник С. В. Методика решения проблемы математической воспроизводимости статистических данных научных исследований в сельскохозяйственных отраслях науки // Органічне виробництво і продовольча безпека. – Житомир: ЖНАЕУ, 2017. – С. 218–223.

6. Соляник А. В., Соляник В. В., Соляник С. В. Теоретическая и практическая разработка специализированного программного обеспечения для свиноводства: монография. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2012. – 324 с.

7. Соляник А. В., Соляник В. В., Соляник А. А. Общетеоретические основы использования численных методов в принятии управленческих решений в свиноводстве: монография. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. – 412 с.

8. Соляник А. В., Соляник В. В. Компьютерная формализация зоотехнических характеристик молозива свиноматок и кормления молодняка свиней // Инновационный путь развития свиноводства стран СНГ: сборник научных трудов по материалам XXVIII Международной научно-практической конференции (г. Жодино, 14–15 октября 2021 г.) / Нац. акад. Наук Беларуси, Науч.-практ. центр по животноводству. – Минск: Беларуская навука, 2021. – С. 177–182.