

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МЯСОСАЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В СВИНОВОДСТВЕ

А. В. СОЛЯНИК, В. А. СОЛЯНИК, А. А. СОЛЯНИК

*УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 2123407*

В. В. СОЛЯНИК, С. В. СОЛЯНИК, А. Н. СОЛЯНИК

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь, 222160*

(Поступила в редакцию 08.01.2025)

Разработан цифровой двойник моделирования качественных показателей свинины, в комплексе с цифровыми двойниками кормления и гематологического профиля свиней, позволяет получать условно первичные биохимические, физиологические и зоотехнические данные в числовом виде, которые могут быть подвержены статистической обработке для выяснения достоверности различий между группами животных, исследуемых в ходе выполнения научно-хозяйственных экспериментов, или проведения мониторинга производственной ситуации на свиноводческих объектах. Цифровой двойник моделирования качественных показателей свинины позволяет минимизировать трудовые и финансово-материальные затраты, которые, до настоящего времени, ученые-зоотехники направляли на проведение лабораторных исследований образцов биоматериала от 3–5 голов из подопытных групп. Индикативными параметрами при использовании цифрового двойника комплексной методики оценки численных значений качественных показателей свинины являются: страна производства свинины; порода свиней; половая принадлежность оцениваемого поголовья (хрячки, свинки); живая масса молодняка свиней при реализации; среднесуточный прирост за период выращивания и откорма.

Ключевые слова: свинина, качественные характеристики, цифровой двойник, компьютерное моделирование.

A digital twin of modeling the qualitative indicators of pork has been developed, in combination with digital twins of feeding and hematological profile of pigs, which makes it possible to obtain conditionally primary biochemical, physiological and zootechnical data in numerical form, which can be subject to statistical processing to determine the reliability of differences between groups of animals studied in the course of scientific and economic experiments, or monitoring the production situation at pig-breeding facilities. The digital twin of modeling the qualitative indicators of pork makes it possible to minimize labor, financial and material costs, which, until now, zootechnician scientists have spent on laboratory studies of biomaterial samples from 3–5 heads from experimental groups. The indicative parameters when using the digital twin of the integrated methodology for assessing the numerical values of the qualitative indicators of pork are: country of pork production; breed of pigs; sex of the livestock being assessed (male boars, female pigs); live weight of young pigs at sale; average daily gain during the growing and fattening period.

Key words: pork, quality characteristics, digital twin, computer modeling.

Введение

На протяжении последнего столетия ученые в области зоотехнической науки проводят десятки тысяч исследований, цель которых, в конечном итоге, выявление численных значений различных качественных показателей молока, мяса и иной продукции (сырья) животного происхождения, при изменении уровня кормления, породности поголовья, условий содержания и других производственно-технологических факторов.

Потребительские характеристики свинины, наряду с экономической эффективностью ее производства, являются основными индикативными показателями работы свиноводческих предприятий в целом. В то же время определение численных значений контролируемых показателей, в том числе параметров качества и финансовую прибыльность производства свинины, можно узнать исключительно после завершения технологического цикла, начинающегося осеменением свиноматок (определенного семейства (породы)) спермой хряков-производителей (конкретной породной линии), и оканчивающегося реализацией выращенного и откормленного молодняка свиней на убой. При этом, если финансовая эффективность подтверждается поступлением денежных средств на расчетный счет предприятия, то аудит качественных параметров – исключительно при проведении всевозможных многочисленных лабораторных исследований, в том числе, зооанализа.

Несмотря на то, что мы живем во времена IT, однако как не было, так и нет цифровой методики, в соответствии с которой, в реальном времени, можно моделировать численные значения качественных показателей свинины, опираясь на технологические показатели функционирования свиноводческого предприятия, или производственные данные полученные при выполнении научно-хозяйственного эксперимента.

Систематический обзор – это разновидность научного исследования с заранее спланированными методами, где объектом изучения служат результаты ряда оригинальных исследований. Систематический обзор синтезирует результаты этих исследований, используя подходы, уменьшающие возможность систематических и случайных ошибок. В большинстве систематических обзоров используют статистические методы обобщения данных – мета-анализ. По мере поступления новых данных их выводы могут меняться. Мета-анализ (англ. meta-analysis) является разновидностью систематических обзоров, который объединяет в себе численный анализ аналогичных исследований и может проводиться как сам по себе, так и быть частью систематического обзора. Поэтому мета-анализ, как понятие научной методологии, означает объединение результатов нескольких исследований методами статистики для проверки одной или нескольких взаимосвязанных научных гипотез [1, с. 14]. Понятие «обнаружение знаний в базах данных» (Knowledge Discovery in Databases, KDD) – это, по сути, синоним термина Data Mining, и его можно охарактеризовать как технологию, которая предназначена для поиска в больших объёмах данных неочевидных, объективных и полезных на практике закономерностей [1, с. 15].

Цель работы – описание создания цифрового двойника комплексной методики моделирования численных значений качественных характеристик мясосальной продукции в свиноводстве.

Основная часть

Руководствуясь методическими рекомендациями по проведению мониторинга технологий производства продукции животноводства [2] и по информатизации в зоотехнических исследованиях [1], нами отобраны источники научной информации, изложенные в рецензируемых публикациях отечественных и зарубежных исследователей: И. П. Шейко, Л. А. Федоренкова, М. А. Петухова; В. Д. Кабанов, А. С. Вохмяков, В. А. Епишин; В. И. Сокрут, А. В. Сокрут, В. И. Герасимов, Е. В. Пронь, Т. Н. Данилова, Т. В. Донских и др., а также в интерактивных базах данных [3, 4]. В связи с ограниченным объемом статьи мы укажем, без названия научной публикации, лишь издания, в которых на определенных страницах нами изложены листинги компьютерных программ и источники первичной информации, послужившие числовой основой для их проектирования.

Вся имеющаяся в нашем распоряжении информация с использованием методологии Meta-analysis и Data Mining была подвергнута комплексному анализу с целью выявления скрытых закономерностей и разработки аппроксимационных функций от одной или двух переменных, которые стали программными звеньями цифрового двойника методики комплексной оценки качества свинины [5–11]. Далее разрабатывались цифровые матрицы, различной размерности ($n \times n$), взаимозависимостей между параметрами. Цифровые матрицы взаимозависимостей дают возможность моделировать изменения численных значений исследуемых характеристик, одновременно проводить их статистическую обработку. Таким образом, создаются имитационные контрольные и опытные группы, сравниваются различные зоотехнические параметры, устанавливаются уровни достоверности различий между ними. В компьютерных программах [12–17] нами разрабатывались цифровые многомерные матрицы, включающие:

I. Показатели качества мяса дикого кабана и свинины от домашних свиней: влага, жир, белок, углеводы (6 наименований), зола, жирные кислоты (15), аминокислоты (18), макро- и микроэлементы (11), витамины (12 наименований).

II. Перечень наименований частей тела свиней, в которых оценивались показатели качества свинины: мясо, сало, топлёное свиное сало (смалец), корейка, язык, мозг, лёгкое, сердце, печень, поджелудочная железа, селезёнка, желудок, кишки, уши, ножки, хвост.

III. Физические свойства мышечной ткани: pH, влагоудерживающая способность, интенсивность окраски, потери мясности сока; химический состав мышечной и жировой ткани (вода, жир, белок, зола); органолептическая оценка жареного и вареного мяса (нежность, сочность, вкус и аромат); органолептическая оценка мясного бульона: цвет, аромат, вкус, наваристость.

IV. Порода: белорусская крупная белая, белорусская мясная, белорусская черно-пестрая, ландрас, йоркшир, дюрок.

V. Показатели продуктивности свиней: среднесуточный прирост, сохранность поголовья, многоплодие свиноматок.

VI. Страны: Беларусь, Россия, Польша.

Разработанные компьютерные программы, содержавшие цифровые матрицы качественных параметров свинины, были опубликованы в различных изданиях. При этом листинги блок-программ по расчету качественных характеристик свинины имеют общий объем, исчисляемый сотнями тысяч печатных знаков. В то же время копирование, из напечатанных научных статей, содержание блок-программ в листы электронных таблиц MS Excel, позволяет любому пользователю, как в LEGO, са-

мостоятельно создавать единый программный продукт – цифровой двойник комплексной методики определения численных значений качественных характеристик свинины.

Для использования программного продукта в работе специалистов-технологов любого свиного комплекса достаточно, условно говоря, стандартизировать исходную информацию, в частности: 1) страна производства; 2) порода свиней; 3) половая принадлежность оцениваемого поголовья (хрячки, свинки); 4) живая масса при реализации; 5) среднесуточный прирост за период выращивания и откорма. При этом, если пункты 1–2 и, в некоторой степени, пункт 3, являются более-менее постоянными, то варьируя значениями по пунктам 4–5, можно моделировать численные значения почти сотней параметров качественных характеристик свинины, для каждой отгруженной на убой группы свиней. К слову, численные значения не являются какими-то усреднено-табличными, а каждый раз рассчитываются на основе аппроксимационных функций от одной или двух переменных, прежде всего от среднесуточного прироста и/или живой массы молодняка свиней при реализации.

Наличие у ученых-зоотехников и зоотехников-практиков цифрового двойника комплексной методики определения качественных характеристик позволяет минимизировать финансово-материальные затраты на проведение дорогостоящих лабораторных исследований для их определения при проведении научно-хозяйственных опытов. Цифровая матрица, размером 65×65 показателей, дает возможность определить необходимые параметры описательной статистики по каждому из них (максимальные и минимальные значения, среднее арифметическое, ошибка средней, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации и т.д.) в разрезе подопытных групп, а также достоверность различий между ними.

Для моделирования качественных характеристик свинины можно использовать цифровой двойник гематологического профиля свиней, представляющего собой матрицу размером 49×49 , также с привязкой к уровню продуктивности (среднесуточный прирост и сохранность молодняка свиней, многоплодие свиноматок и т.д.), различных половозрастных групп свиней [18–20]. Имитационное компьютерное моделирование параметров гематологического профиля и качественных характеристик свинины, дает возможность определить достоверные взаимосвязи между исходными величинами и взаимное влияние уровня одних на численные значения других. В случае, если взаимозависимость высокостойка, можно организовать и провести научно-хозяйственные опыты, в которых подтвердить (или опровергнуть) механизмы формирования продуктивных качеств мясосальной продукции.

Математически формализованные закономерности, позволяющие моделировать численные значения различных зоотехнических и зоогигиенических параметров, дают возможность исследователям выявлять основные тенденции формирования продуктивных качеств свиней. При этом отпадает необходимость проводить всевозможные анализы и сравнивать полученные результаты с справочно-табличными данными, которые получены в совершенно иных производственно-технологических условиях.

На наш взгляд, основной критической контрольной точкой, при анализе производственной ситуации в свиноводстве, является уровень продуктивности клинически здоровых свиней различных половозрастных групп. Все параметры, характеризующие морфологию и биохимию крови животных свиного комплекса, должны анализироваться врачами ветеринарной медицины, а не зоотехниками (учеными, практиками), так как последние обязаны работать исключительно со здоровым поголовьем и получать высококачественную продукцию, реализация которой должна приносить прибыль конкретной сельхозорганизации.

Заключение

Разработан цифровой двойник моделирования качественных показателей свинины, в комплексе с цифровыми двойниками кормления и гематологического профиля свиней, позволяет получать условно первичные биохимические, физиологические и зоотехнические данные в числовом виде, которые могут быть подвержены статистической обработке для выяснения достоверности различий между группами животных, исследуемых в ходе выполнения научно-хозяйственных экспериментов, или проведения мониторинга производственной ситуации на свиноводческих объектах.

Цифровой двойник моделирования качественных показателей свинины позволяет минимизировать трудовые и финансово-материальные затраты, которые до настоящего времени, ученые-зоотехники направляли на проведение лабораторных исследований образцов биоматериала от 3–5 голов из подопытных групп.

Индикативными параметрами при использовании цифрового двойника комплексной методики оценки численных значений качественных показателей свинины являются: страна производства сви-

нины; порода свиней; половая принадлежность оцениваемого поголовья (хрячки, свинки); живая масса молодняка свиней при реализации; среднесуточный прирост за период выращивания и откорма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информатизация в зоотехнических исследованиях: методические рекомендации / А. А. Хоченков, В. В. Соляник, С. В. Соляник [и др.]. – Жодино, РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2020. – 38 с.
2. Методические рекомендации по проведению мониторинга технологий производства продукции животноводства: методические рекомендации / А. А. Хоченков, В. В. Соляник, С. В. Соляник [и др.]. – Жодино, РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2020. – 42 с.
3. Пищевая ценность компонентов свинины. – URL://http://pticainfo.ru/article/?ELEMENT_ID=6703 (дата обращения: 16.12.2024).
4. <https://fitaudit.ru/>
5. Соляник, В. В. Методика разработки математических функций от одной и двух переменных, для создания динамических моделей в области зоотехнии и зоогигиены / В. В. Соляник, С. В. Соляник // Зоотехническая наука Беларуси: Сб. науч. тр., Т. 48, ч. 2. – Жодино, РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2013. – С. 232–245.
6. Соляник, С. В. Методика проектирования аппроксимационных функций от двух переменных по зоогигиеническим и зоотехническим табличным данным, имеющим ступенчатый вид / С. В. Соляник // Инновационные технологии в сельском хозяйстве, ветеринарии и пищевой промышленности : сб. науч. статей. – Ставрополь: АГРУС, 2018. – С. 320–325.
7. Соляник, С. В. Моделирование значений первичных зоотехнических данных по опытным группам и уровня достоверности различий между выборками: Материалы III Междун. науч.-практ. Интернет-конф. / С. В. Соляник. – с. Соленое Займище, ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2018. – С. 913–918.
8. Соляник, С. В. Математическая гигиена и экология животных: разработка аппроксимационных кривых для динамического моделирования механизма изменений зоотехнических и зоогигиенических параметров: Материалы III Междун. науч.-практ. Интернет-конф. / С. В. Соляник. – с. Соленое Займище, ФГБНУ «ПНИИАЗ». – 2018. – С. 918–927.
9. Соляник, С. В. Факториальные нормы кормления и методика моделирования первичных данных зоотехнических экспериментов / С. В. Соляник, В. В. Соляник // Органическое производство и продовольственная безопасность. – Житомир: Издатель А. А. Евенко, 2018. – С. 470–474.
10. Кравцов, С. В. Методика восстановления первичных зоотехнических данных на основе известных средних значений и их ошибки / С. В. Кравцов, С. В. Соляник, Н. А. Лешкевич // Сборник научных статей по материалам XIX Междун. студенческой науч. конф. – Гродно, УО ГГАУ, 2018. – С. 342–344.
11. Лешкевич, Н. А. Методика определения достоверности различий между статистическими выборками на основе восстановления значений первичных зоотехнических данных по опытным группам / Н. А. Лешкевич, С. В. Соляник, С. В. Кравцов // Сб. науч. статей по материалам XIX Междун. студенческой науч. конф.. – Гродно, УО ГГАУ, 2018. – С. 344–346.
12. Функциональное питание и проблема специфических заболеваний: Сборник докладов II Междун. науч.-практ. конф. – Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ). Изд-во «Терек», 2018. – С. 14–27.
13. Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. Материалы III Междун. науч.-практ.: интернет-конф. – с. Соленое Займище, ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2018. – С. 1005–1036; С. 1162–1174.
14. Соляник, С. В. Методика экспресс-расчета качественных характеристик свинины, получаемой от пород отечественной и зарубежной селекции / С. В. Соляник, В. В. Соляник // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. – Горки, 2018. – Вып. 21, ч. 1. – С. 42–50.
15. Соляник, С. В. Компьютерный расчет качественных характеристик свинины разводимых в Беларуси генотипов товарных свиней / С. В. Соляник, А. А. Хоченков // Сб. науч. тр. XVII Междун. науч.-практ. конф. – Киров: Вятская ГСХА, 2018. – В 2 ч. Ч.1. – С. 275–279.
16. Соляник, С. В. Органическое производство свинины: корреляция аминокислотного состава мяса свиней белорусской и зарубежной селекции / С. В. Соляник, В. В. Соляник // Органическое производство и продовольственная безопасность. – Житомир: Издатель А. А. Евенко, 2018. – С. 474–480.
17. Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. Материалы IV Междун. науч.-практ. конф. – с. Соленое Займище, ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2019. – С. 636–668; С. 803–823; С. 834–887.
18. Соляник, С. В. Компьютерное моделирование показателей естественной резистентности, гематологического профиля и продуктивности молодняка свиней товарных свиноплощадок / С. В. Соляник, А. А. Хоченков, Л. А. Танана, М. В. Пестис // Вес. Нац. Акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2017. – №4. – С. 74–91.
19. Соляник, С. В. Методика зоогигиенического прогнозирования продуктивности первоопоросов и полученных от них поросят-сосунков по уровню защитных сил организма свиноматок и показателям их гематологического профиля / С. В. Соляник, А. А. Хоченков, Л. А. Танана, М. В. Пестис // Вес. Нац. Акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2018. – №2. – С. 200–212.
20. Соляник, С. В. Методика зоогигиенического прогнозирования значений гематологических параметров и естественной резистентности организма первоопоросов по уровню продуктивности свиноматок и полученных от них поросят-сосунков / С. В. Соляник, А. А. Хоченков, Н. Б. Зайцева, М. В. Пестис // Вес. Нац. Акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2018. – №4. – С. 456–468.