



Постоянное  
совершенствование

# **РІС® «Руководство по качеству мяса и туш свиней»**



# Введение/Предисловие



Программа «Качество мяса свиней» была впервые разработана компанией PIC в 1996 году для глобальной цепочки поставок свинины с целью содействия производству востребованного и высококачественного мяса. Учитывая сложность такой задачи было важно определить и описать все взаимодействия между генетикой и условиями содержания (GxE) на всех этапах производства, транспортировки и переработки свиней, влияющие на качество мяса. За последние 25 с лишним лет данное специализированное руководство, разработанное на основе научных данных, регулярно обновлялось, обеспечивая непрерывный вклад PIC в мировую индустрию свиноводства.

В данном подробном и обновленном «Руководстве PIC по качеству мяса и туш свиней» собраны результаты нашей работы, целью которой было предоставить производителям новейшую и подробную информацию по качеству мяса и туш, а также дать практические рекомендации по работе с этими параметрами. Ценность туши определяется через объем туши, качество мяса и качество жира. Ключевыми качественными характеристиками являются: pH мышечной ткани и его снижение, цвет и плотность мяса и жира, вкусовые качества, а также технологические параметры. В данном руководстве не затрагиваются аспекты пищевой безопасности и хранения туш. В конце данного документа приведен подробный список использованной литературы и научных источников.

Компания PIC стремится к успешному развитию мировой свиноводческой промышленности за счет обеспечения сбалансированных показателей выращивания животных, качества мяса и туш, программ генетического улучшения, а также технического сопровождения. Генетические программы PIC нацелены на улучшение всех характеристик туши в целом, включая вес премиальных и субпремиальных отрубов, распределение и качество мышечной ткани. Эти программы работают уже на протяжении 50 лет.

Генетические инструменты, вычислительные технологии, элитные фермы, где содержатся чистые линии, товарные линии и гибридные племенные популяции продолжают развиваться, обеспечивая наилучшие возможные темпы генетического улучшения. Для получения последней информации о программах PIC по селекции на качество премиальных отрубов и мяса, пожалуйста, свяжитесь с нашим отделом прикладных научных исследований по мясу.

## Содержание

Раздел 1: Структура туши .....	1
1.1 Измерение структуры туши .....	2
1.1.1 Методы определения постности туши .....	2
1.1.2 Уравнения расчета постности туши .....	8
1.1.3 Системы оплаты .....	9
1.2 Премияльные и субпремиальные части туши .....	15
1.2.1 Региональные различия .....	17
1.3 Выход туши .....	17
1.3.1 Что такое выход туши и почему он важен? .....	17
1.3.2 Факторы, влияющие на выход туши .....	19
Раздел 2: Определение качества мяса и Программа PIC® по достижению желаемых результатов .....	26
2.1 Программа PIC Blueprint .....	27
Раздел 3: Качество постного мяса .....	30
3.1 Измерение качества постного мяса .....	30
3.1.1 Ключевые показатели .....	31
3.1.2 Измерение качества мяса .....	32
3.2 Факторы, влияющие на качество постного мяса .....	43
3.2.1 Превращение мышц в мясо .....	43
3.2.2 Формирование качества мяса .....	47
3.2.3 Факторы, влияющие на снижение pH и качество мяса .....	49
3.2.4 Принципы охлаждения свиных туш и его влияние на качество мяса .....	53
3.2.5 Принципы оглушения свиней и его влияние на качество мяса .....	57
3.2.6 Принципы обескровливания и его влияние на качество мяса .....	62
3.3 Управление качеством постного мяса .....	65
3.3.1 Генетика .....	65
3.3.2 Кормление .....	66
3.3.3 Погрузка свиней на ферме .....	67
3.3.4 Транспортировка свиней .....	69
3.3.5 Разгрузка свиней .....	70
3.3.6 Управление в секторе предубойного содержания .....	71
3.3.7 Оглушение свиней .....	73
3.3.8 Обескровливание свиней .....	76
3.3.9 Период оглушение - охлаждение .....	77
3.3.10 Охлаждение туш .....	78
Раздел 4: Качество свиного жира .....	80
4.1 Измерение качества свиного жира .....	81
4.1.1 Ключевые показатели .....	81
4.1.2 Измерения качества свиного жира .....	81
4.2 Факторы, влияющие на качество жира .....	86
4.2.1 Биологические аспекты качества жира .....	86
4.2.2 Влияние непищевых факторов на качество жира .....	88
4.2.3 Влияние кормления на качество жира .....	95
4.3 Управление качеством жира .....	96
4.3.1 Составление рационов для улучшения качества жира .....	97
4.3.2 Роль вида корма и микроэлементов в управлении качеством жира .....	102
Раздел 5: Влияние пола животных на качество .....	103
5.1 Различия в качестве постного мяса между боровками, свинками и хряками .....	104
5.2 Различия в качестве жира между боровками, свинками и хряками .....	105
5.3 Запах хряка .....	105
5.3.1 Управление запахом хряка через генетику .....	106
5.3.2 Управление запахом хряка на уровне фермы .....	106
5.3.3 Управление запахом хряка на уровне бойни .....	107
5.4 Иммунокастрация .....	107
Заключение .....	109
Список использованных источников .....	111



# Структура туши



При определении качества туши важным компонентом является ее структура. Измерения при определении структуры туши могут варьироваться от простого взвешивания до определения показателей постности всей туши. Во многих странах параметры структуры туши обычно применяются при оплате за свиней.

При определении таких критериев исходят из того, что приносит наибольшую прибыль переработчику, закупающему свиней или всей интегрированной системе. Во многих странах методы и формулы, используемые при определении структуры туши задаются на государственном уровне. В других странах компании разрабатывают свои методы и формулы для этой цели.

После внедрения метода оценки туши, разрабатывается система оплаты, определяющая стоимость туши. Системы оплаты индивидуальны и зависят от конкретной компании, даже если при оценке используются государственные стандарты. Поскольку часто системы оплаты разработаны исходя из стоимости премиальных отрубов, они могут быть разными в разных регионах использования. Также, в зависимости от региона туша может разделяться по-разному, с целью получить больше премиальных отрубов, которые больше всего ценятся в данном регионе.

Далее в разделе будут более подробно рассмотрены измерения структуры туши, включая методы измерений, используемые формулы, премиальные части туши и выход туши.

## 1.1 Измерение структуры туши

Методы измерения структуры туши могут различаться в разных странах и даже на разных перерабатывающих предприятиях в пределах одной страны. В данном подразделе описываются разные типы измерений и оборудования, применяемых для определения структуры туши.

В число наиболее важных факторов, влияющих на качество туши, входят:

1. Вес туши и/или премиальных отрубов
2. Постность туши и/или премиальных отрубов
3. Выход туши/потери при зачистке

Некоторые из этих параметров определяются путем прямых измерений (например, вес туши), тогда как другие, как процент постности, чаще всего рассчитываются на основе более простых измерений.

Ниже описываются пять методов определения постности туши.

### 1.1.1 Методы определения постности туши

#### Прямые измерения

С помощью прямых измерений можно определять большое количество параметров туши. Многие из этих параметров могут быть использованы для определения качества туши напрямую, тогда как другие могут использоваться только для предварительной оценки.

1. Вес премиальных отрубов
  - а. Самая лучшая общая оценка качества туши.
  - б. Проводится путем взвешивания каждого премиального отруба.
  - в. Может требовать больших трудозатрат и много времени.
  - г. Более сложная оценка премиальных отрубов может быть проведена с помощью проксимального анализа или разделки постной мышечной ткани.
2. Длина туши
  - а. Измеряется от первого ребра до крестцовой кости (рис. 1.1).
  - б. Обычно не считается хорошим показателем качества туши. Однако более длинные туши могут иметь более высокую ценность в отношении премиальных отрубов, таких как корейка или грудинка.
  - в. Практически не связана с постностью туши.
3. Шпик и площадь мышечного глазка/глубина длиннейшей мышцы
  - а. Шпик можно измерять линейкой в разных точках над линией позвоночника (рис. 1.1)
    - i. шпик над 1-ым ребром
    - ii. шпик над 7-ым ребром
    - iii. шпик над 10-ым ребром
    - iv. шпик над последним ребром
    - v. шпик над последним поясничным позвонком
  - б. Замеры по шпику и длиннейшей мышце могут проводиться на разделанной туше (рис. 1.2).
    - i. толщина шпика в точке P2 - измеряется на расстоянии 6,5 см от линии позвоночника, обычно над последним или 10-ым ребром.
    - ii. Глубина длиннейшей мышцы – измеряется от хребтовой к брюшной поверхности длиннейшей мышцы, в точке P2, где измеряется толщина шпика и перпендикулярно поверхности кожи.
    - iii. Площадь мышечного глазка – измерение общей площади мышечного глазка. Площадь определяется либо с помощью калиброванной сетки, либо путем измерения планиметром площади отпечатка мышечного глазка на ацетатной бумаге.
  - в. Шпик также измеряется при помощи интраскопа (рис. 1.3).
    - i. Измеряет только шпик, не измеряет глубину мышцы.
    - ii. Считается недорогим способом измерения шпика в точке P2 на коммерческих перерабатывающих предприятиях с невысокой скоростью переработки.

**Рисунок 1.1 Наиболее распространенные точки замеров туши**



**Рисунок 1.2 Измерения на разделанной туше**

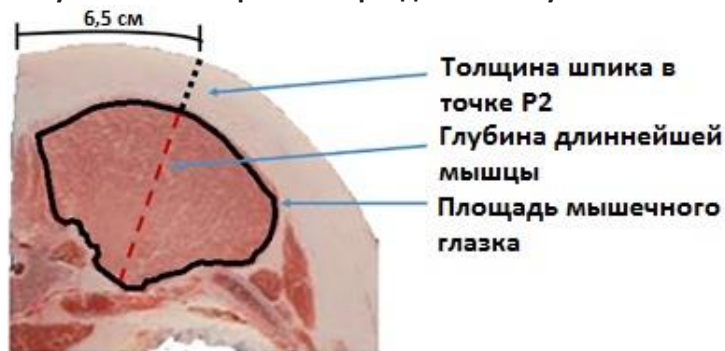


Фото предоставлено отделением миологии свиней, университета штата Небраска

**Рисунок 1.3 Интраскоп, используемый для измерения толщины шпика**



## Косвенные измерения

### 1. Визуальная оценка экстерьера

В некоторых странах экстерьер (или мышечная структура), как живых свиней, так и туш, используется для определения их качественных характеристик или с целью их классификации.

#### а. Визуальная оценка экстерьера живых свиней

- i. Во многих странах посредники (перекупщики) закупают свиней у фермеров на основе оценки экстерьера животных.
- ii. За животных с более высокой оценкой интерьера обычно дают лучшую цену.
- iii. Стандарты оценки экстерьера часто отсутствуют, и обычно каждый закупщик руководствуется своими собственными критериями.

#### б. Экстерьер туши

- i. На рынках некоторых стран визуальная оценка туш используется для их сортировки по категориям продукции в зависимости от запросов рынка. Это может включаться в оплату за туши напрямую или косвенно.
- ii. Системы балльной оценки экстерьера туш существуют и в большинстве имеют схожие способы классификации туш (рис. 1.4).

**Рисунок 1.4** Пример системы оценки экстерьера туш свиней



На основе оригинального фото Elisabeth Lonergan.

### 2. Волоконно-оптические зонды

Волоконно-оптические зонды широко используются для измерения структуры туши на перерабатывающих предприятиях уже более 30 лет. Волоконно-оптические зонды измеряют толщину шпика и глубину длиннейшей мышцы. Эти показатели могут помочь предсказать процент постного мяса или постных отрубов в туше, используя различные уравнения.

В основе работы таких зондов лежит идея того, что более белый жир и кости будут отражать свет иначе, чем красноватый цвет постной мышечной ткани. На основе этого профиля отражения света (рис. 1.5) при введении (или извлечении, в зависимости от модели зонда) зонда можно измерить глубину шпика и глубину длиннейшей мышцы.

Измерения глубины шпика и длиннейшей мышцы можно проводить в любом месте по всей длине мышцы. Однако чаще всего измерения проводятся на 10-м ребре или на последнем ребре в точке P2, поскольку эти места имеют наибольшую корреляцию с объемом постного мяса в туше.



Волоконно-оптические зонды идеально подходят для использования на коммерческих перерабатывающих предприятиях, поскольку они могут применяться при скорости линии до 1300 свиней в час. Примеры волоконно-оптических зондов (рис. 1.6), обычно используемых на перерабатывающих предприятиях по всему миру, включают:

- а. зонд Fat-o-Meat'er™
- б. зонд Hennessey Grading Probe (HGP)
- в. зонд PG-100

**Рисунок 1.5** Профиль отражения света оптического зонда при определении толщины шпика и длиннейшей мышцы



**Рисунок 1.6** Пример оптического зонда



**Frontmatec Fat-O-Meat'er II™**

Фото предоставлено Frontmatec (<https://www.frontmatec.com/>).

### 3. Измерение при помощи ультразвука

Ультразвук можно использовать для оценки структуры туши как у живых животных, так и на тушах свиней. Однако в коммерческих условиях для определения стоимости свиней такие измерения чаще всего проводятся на тушах.

В зависимости от используемой технологии ультразвуковые измерения могут проводиться на участке длиннейшей мышцы спины или на всей туше:

- а. Системы BioQScan и CVT (рис. 1.7) являются представителями широко распространенных ультразвуковых систем, которые проводят измерения на участке длиннейшей мышцы спины.
- б. Ультразвуковая система AutoFOM (рис. 1.8) измеряет всю тушу. AutoFom, вероятно, является системой, дающей наиболее подробную информацию, поскольку проводит до 3200 измерений на тушу. Кроме измерения толщины шпика и глубины длиннейшей мышцы, она также может предоставлять данные по весу премиальных/субпремиальных отрубов в туше.

**Рисунок 1.7 Ультразвуковой прибор определения качественных параметров туши**



**BioQscan®**

Фото предоставлено Biotronics: <http://www.biotronics-inc.com/>.

**Рисунок 1.8 Система AutoFOM III**

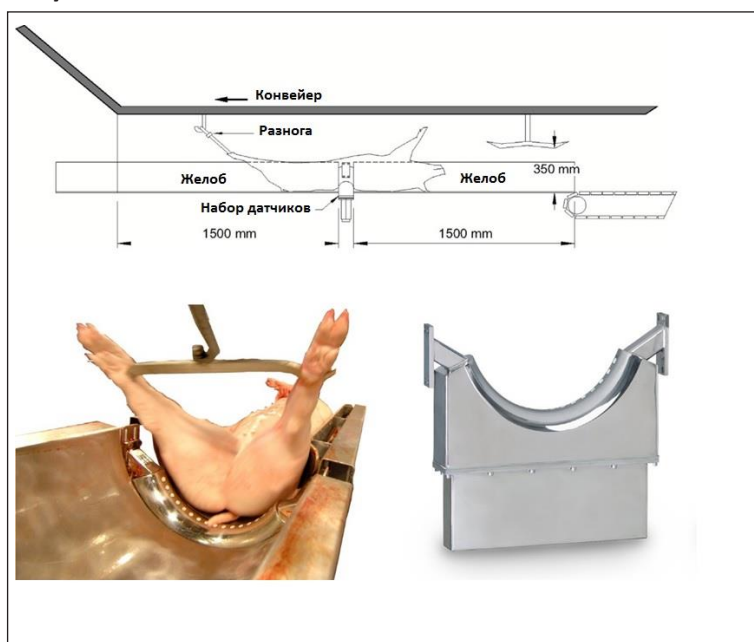
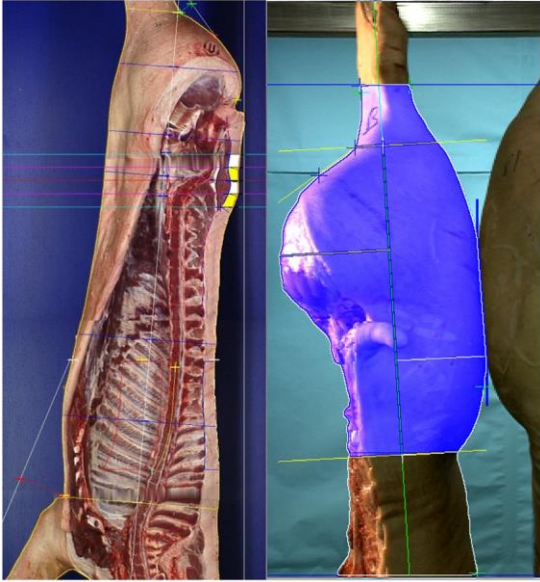


Фото предоставлены Frontmtec (<https://www.frontmtec.com/>).

#### 4. Анализ видеоизображений

Анализ видеоизображений редко используется для оценки качества туши. Большинство систем сосредоточены на измерении срединной части длиннейшей мышцы, а некоторые системы также измеряют состав окорока (рис. 1.9). Двумя наиболее распространенными системами определения качества туши являются CS 2000 и CSB Image Meater.

**Рисунок 1.9 Пример видеосистемы определения качества туши**



**VCS 2000 Image System**

Фото предоставлены e+V Technology GmbH & Co.

## 1.1.2 Уравнения расчета постности туши

Для каждого из методов оценки качества туши необходимо разрабатывать уравнения для расчета процента постного мяса и/или веса премиальных отрубов. Во многих странах существуют обязательные «местные» уравнения для каждого типа оборудования с целью стандартизации процесса оценки в данной стране. В других странах компаниям разрешается разрабатывать и использовать свои уравнения для выбранных методов оценки туш.

Каждое из этих уравнений может быть разработано на основе уникальных методов; некоторые уравнения могут использовать полную или частичную разделку туши, в то время как другие могут определять процентный состав премиальных отрубов на основе расчетов. Поэтому процентное содержание постного мяса может варьироваться от уравнения к уравнению на одной и той же туше.

В таблице 1.1 представлены 10 уравнений из разных стран, оценивающих процент постного мяса свиньи со шпиком 15 мм и глубиной длиннейшей мышцы 65 мм. Расчетный процент постного мяса, выполненный с помощью этих уравнений, варьируется от 57,0% до 69,1%, несмотря на одинаковые значения шпика и глубины длиннейшей мышцы. Это не говорит о том, что одно уравнение лучше другого, а скорее показывает, что они были разработаны при помощи разных методов определения процента постного мяса.

**Таблица 1.1 Расчет процента постного мяса свиньи со шпиком 15 мм и глубиной длиннейшей мышцы 65 мм с использованием уравнений из разных стран.**

Страна	Оборудование	Свободный коэффициент	Коэффициент шпика	Коэффициент глубины длиннейшей мышцы	Процент постного мяса
Чешская Республика	Fat-O-Meater	59,8613	0,7293	0,1285	57,3
Хорватия	Hennessey Grading Probe	59,6037	0,8640	0,1820	58,5
Франция	UltraFOM	66,4900	0,8910	0,1040	59,9
Германия	Fat-O-Meater	61,8000	0,8830	0,1550	58,6
Нидерланды	CGM	66,8600	0,6549	0,0207	58,4
Польша	CGM	50,1193	0,6242	0,2698	58,3
Румыния	Fat-O-Meater	60,2699	0,8151	0,2010	61,1
Испания	Fat-O-Meater	64,5300	0,8760	0,1810	63,2
Южная Африка	Hennessey Grading Probe	72,5114	0,4618	0,0547	69,1
США 'SFK Standard'	Fat-O-Meater	58,9000	0,6100	0,1120	57,0

Разработка этих уравнений - сложный процесс, требующий большой работы. Вариативность поголовья, используемого для составления уравнений, является ключом к получению статистически достоверного и коммерчески применимого уравнения. Важно, чтобы тестовые туши были равномерно распределены по всему диапазону значений веса, шпика и глубины длиннейшей мышцы, ожидаемых при их товарной классификации.

Хвосты кривых распределений особенно важны, поскольку они обычно встречаются с меньшей периодичностью, но имеют решающее значение для составления статистически обоснованного уравнения. Если уравнение будет использоваться для нескольких генотипов, то оно должно быть составлено на основе данных по всем возможным генотипам. То же самое относится и к полу свиней/туш, подлежащих оценке.

### 1.1.3 Системы оплаты

Системы оплаты могут различаться в разных компаниях и даже на разных перерабатывающих предприятиях в одной компании, однако на уровне стран существуют определенные стандарты. Большинство систем оплаты берут за основу вес – живой вес или убойный вес туши, в зависимости от переработчика.

В большинстве стран отчетность по базовым ценам (табл. 1.2) стандартизирована. Базовая цена обычно определяется по средневзвешенной цене в стране или регионе внутри страны. Базовая цена может быть разной на разных заводах, в зависимости от того, по какой цене эти заводы покупают свиней.

**Таблица 1.2 Стандартная основа базовых цен в распространенных странах-производителях свиней**

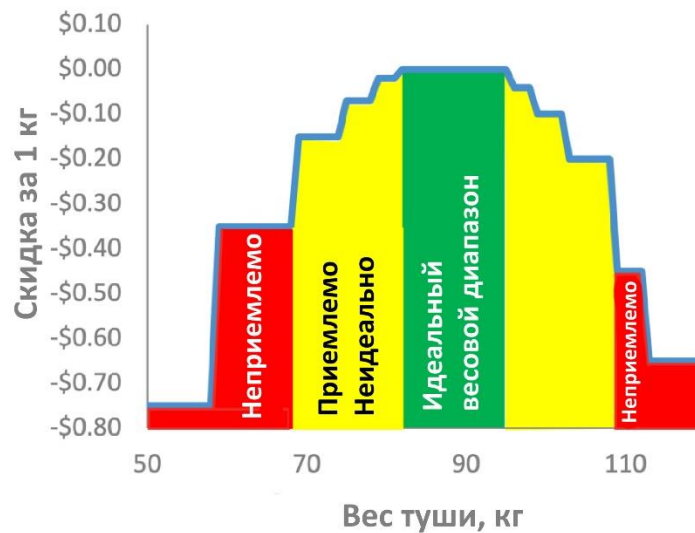
Страна	Используемый вес	Базис
США	Вес туши	\$/100 фунтов
Мексика	Живой вес	\$/кг
Канада	Вес туши	\$/100 кг
Колумбия	Живой вес	\$/кг
Бразилия	Живой вес	R\$/кг
Чили	Живой вес	\$/кг
Испания	Живой вес	€/кг
Германия	Вес туши	€/кг
Нидерланды	Живой вес	€/кг
Дания	Вес туши	kr/кг
Россия	Живой вес	₽/кг
Италия	Живой вес	€/кг
Украина	Живой вес	₴/кг
Польша	Вес туши	zł/кг
Румыния	Живой вес	lei/кг
Франция	Вес туши	€/кг
Великобритания	Вес туши	£/ 100 кг
Австралия	Вес туши	\$/кг
ЮАР	Вес туши	R/кг
Филиппины	Живой вес	₱/кг
Китай	Живой вес	¥/кг
Вьетнам	Живой вес	VND/кг
Южная Корея	Вес туши	₩/кг

В некоторых случаях свиней можно продавать по формуле базовой цены за килограмм. В этом случае базовая цена устанавливается заранее. Затем общая цена корректируется с помощью различных программ стимулирования, чтобы мотивировать производителя на поставку свиней с теми характеристиками, которые желает получить перерабатывающее предприятие.

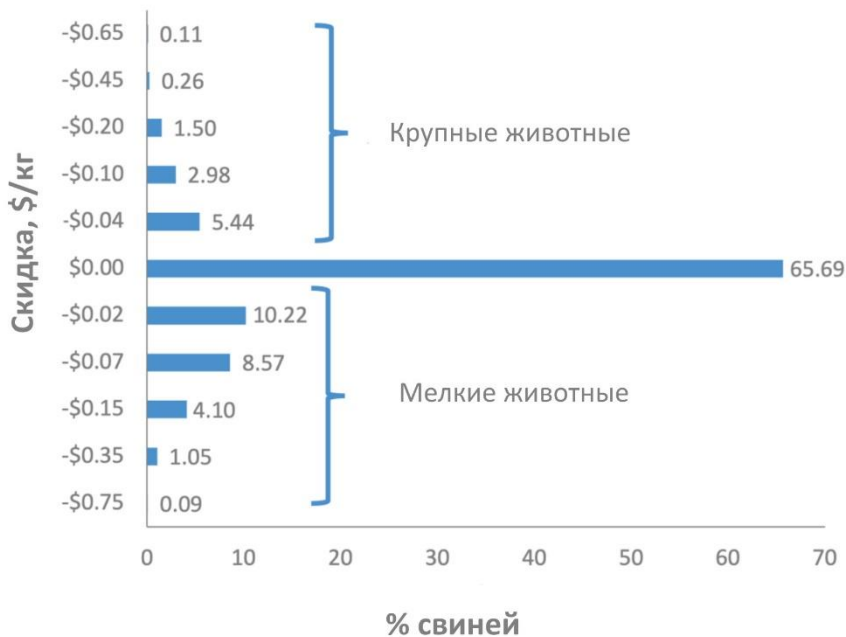
Самой простой из таких систем оплаты будет та, в которой используется только вес. На рис. 1.10 приведен пример системы оплаты, основанной на весе туши (в кг). Здесь перерабатывающее предприятие сообщает, что оно хочет получать свиней в диапазоне веса горячей туши от 82 до 95 кг. Чем дальше вес горячей туши от желаемого диапазона, тем больше снижается стоимость туши. Этот тип системы помогает производителям обеспечить поставку свиней желаемого веса на бойню. На рис. 1.11 показаны результаты уоя примерно 65 000 свиней на предприятии, использующем систему оплаты, показанную на рис. 1.10. В данном случае почти 66% свиней были проданы в идеальном весовом диапазоне. Только 1,5% свиней были закуплены по цене, сниженной на величину от -\$0,35 до -\$0,75 за кг.

**Рисунок 1.10 Пример схемы оплаты на основе веса**

Весовой диапазон	Скидка
< 58 кг	-\$0,75/кг
59 - 68 кг	-\$0,35/кг
69 - 74 кг	-\$0,15/кг
75 - 78 кг	-\$0,07/кг
79 - 81 кг	-\$0,02/кг
82 - 95 кг	\$0,00/кг
96 - 98 кг	-\$0,04/кг
99 - 102 кг	-\$0,10/кг
103 - 108 кг	-\$0,20/кг
109 - 112 кг	-\$0,45/кг
> 112 кг	-\$0,65/кг



**Рисунок 1.11 Влияние весового дисконтирования на товарный вес животных \***



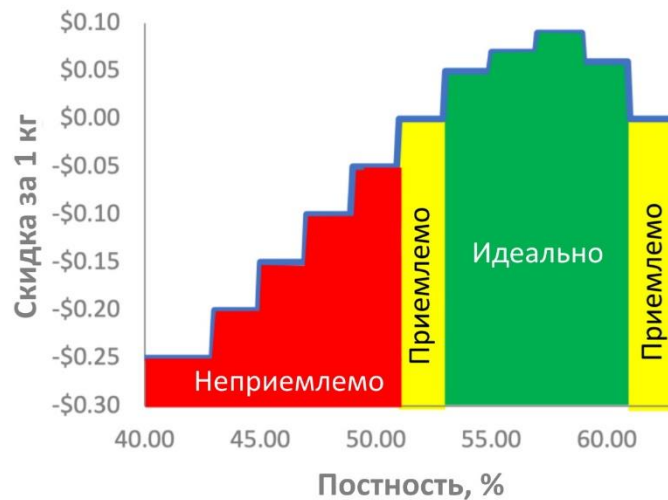
\* На основе данных от 5 производителей с объемом продаж 64 669 голов крупному переработчику в США

Это только один пример из множества возможных ситуаций. Эти системы могут различаться по количеству дисконтируемых категорий или даже выплачивать премию за какую-то весовую категорию, в зависимости от целей, стоящих перед бойней.

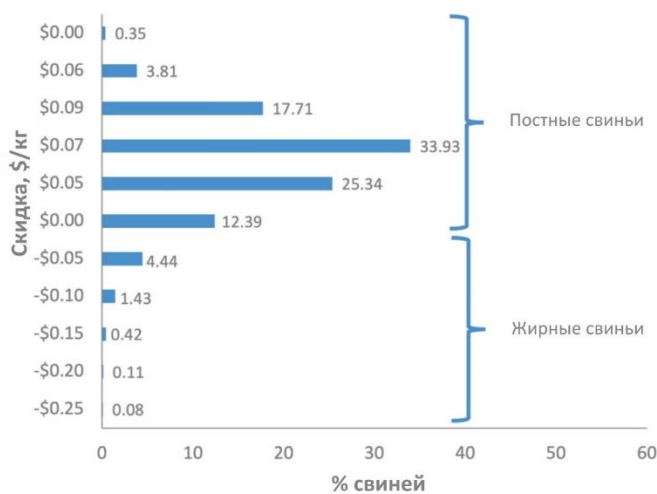
Еще одним распространенным стимулом является процент постного мяса. На рис. 1.12 приведен пример оплаты по постности туши, которая использовалась совместно с дисконтированием по весу из примера на рис. 1.10. В данной системе расчета перерабатывающему заводу нужны туши с постностью от 51% до 60,9%. Все туши с постностью менее 51% оплачиваются со скидкой. Такая система с премией за постностью также стимулирует желаемый подход к продаже животных. Примерно 81% свиней попадали в идеальный диапазон постности, и только 6,5% свиней попали в диапазон с неприемлемой постностью (рис. 1.13). Эти два примера систем оплаты по весу и постности показывают, как стимулирование влияет на реализацию и обеспечивает поставки нужных свиней на перерабатывающий завод.

**Рисунок 1.12** Пример схемы оплаты по постности

Постность %	Скидка
< 43%	-\$0,25/кг
43 - 44,9%	-\$0,20/кг
45 - 46,9%	-\$0,15/кг
47 - 48,9 %	-\$0,10/кг
49 - 50,9 %	-\$0,05/кг
51 - 52,9 %	\$0,00/кг
53 - 54,9 %	\$0,05/кг
55 - 56,9 %	\$0,07/кг
57 - 58,9 %	\$0,09/кг
59 - 60,9 %	\$0,06/кг
> 60,9%	\$0,00/кг



**Рисунок 1.13** Влияние премии/скидки за постность на постность туш свиней<sup>а</sup>



<sup>а</sup>На основе данных 5 производителей с объемом продаж 64 669 голов крупному переработчику в США

В мире используются и другие варианты ранее упомянутых систем оплаты. Одним из примеров является SEUROP (табл. 1.3), которая используется в ЕС. Эта система присваивает оценку или класс, основанный на проценте постного мяса. Эта система классификации является стандартной для всего ЕС, хотя отдельные предприятия могут платить по-разному за каждый класс SEUROP. Одно предприятие может платить на 5 евроцентов больше за кг за тушу класса "S", тогда как другое предприятие может платить только на 2 евроцента больше за тушу, но иметь более высокую базовую цену.

**Таблица 1.3 Система классификации по постности SEUROP Европейского Союза**

код SEUROP	% постного мяса
S	> 60%
E	55 - 60%
U	50 – 54,9%
R	45 – 49,9%
O	40 – 44,9%
P	< 40%

Определить, какой завод заплатит больше или меньше, не так просто, как определить, какой завод предлагает более высокую премию в пределах класса. Хотя эта система классификации используется по всей Европе, она не везде используется для расчета оплаты. Рассмотрим Германию, где многие крупные убойные заводы используют систему AutoFOM для определения веса премиальных отрубов и процента постного мяса. Оплата производится исходя из таких характеристик, как вес премиальных отрубов, процент постности грудинки и вес туши (рис. 1.14), которые являются составной частью системы, использующей индексные баллы для определения окончательной базовой цены для оплаты за тушу.

Существуют и другие национальные системы, например, система, используемая в России (табл. 1.4). Основными компонентами этой системы являются измерения веса туши и толщины шпика между 6-м и 7-м ребрами. Хотя большинство крупных интеграторов в России не используют эту систему градации/оплаты, она используется многими убойными заводами для расчетов с производителями за туши и для продажи туш дальнейшим переработчикам.

**Таблица 1.4 Российский государственный стандарт классификации туш (ГОСТ)**

Класс <sup>а</sup>	Определение	Вес туши, кг	Толщина шпика <sup>б</sup>	Цена за кг
1	Боровки и свинки <sup>с</sup>	Со шкурой - 47 - 68 кг <sup>д</sup> Со шкурой - 52 - 75 кг <sup>е</sup>	20 мм и меньше	140,00 Р
2	Боровки и свинки	Со шкурой - 47 - 102 кг <sup>д</sup> Со шкурой - 52 - 113 кг <sup>е</sup> Без шкуры - 45 - 91 кг	30 мм и меньше	138,00 Р
3	Боровки и свинки	Со шкурой - до 102 кг <sup>с</sup> Со шкурой - до 113 кг <sup>д</sup> Без шкуры - до 91 кг	Свыше 30 мм	135,00 Р

<sup>а</sup>Для категории выбраковки свиней существуют другие оценки (например, 4 = свиноматки; 5 = поросята весом от 3 до 7 кг; и 6 = хряки).

<sup>б</sup>Измеряется по линии позвоночника между 6-м и 7-м ребрами.

<sup>с</sup>Нет царапин, повреждений или кровавых пятен на коже.

<sup>д</sup>Голова, передние ноги и хвост удалены.

<sup>е</sup>Голова, передние ноги и хвост не удалены.



**Рисунок 1.14 Система оплаты, используемая заводами с AutoFOM в Германии**

Вес бескостной корейки, кг	Индексный коэффициент	Постность грудинки %	Индексный коэффициент
< 6 кг	2,5	< 45%	1
6 - 6,5 кг	2,75	45 - 49,99%	1,05
6,6 - 7,5 кг	3,6	50 - 54,99%	1,5
7,1 - 8 кг	3,4	55 - 59,99%	1,8
> 8 кг	3	≥ 60%	1,7

Вес бескостного окорока, кг	Индексный коэффициент	Вес туши, кг	Индексный коэффициент
< 15кг	1,8	< 85 кг	-1
15,0 - 17,0 кг	2,3	85 - 87,99 кг	-0,5
17,1 - 18,5 кг	2,75	88 - 102 кг	0
18,6 - 21 кг	2,5	102,1 - 105 кг	-0,5
> 21 кг	2	> 105 кг	-1

\* Вес корейки (или окорока) используется для определения индексного коэффициента, затем вес корейки (или окорока) умножается на индексный коэффициент, чтобы получить количество индексных баллов.

\* Процент постного мяса в грудинке используется для определения индексного коэффициента для грудинки, а затем вес грудинки умножается на индексный коэффициент для определения количества индексных баллов.

\* Если вес туши находится за пределами идеального весового диапазона, то индексный коэффициент умножается на разницу между фактическим весом и внешними границами идеального весового диапазона.

Например:

- Вес туши равен 82, тогда:  $88 - 82 = 6$  и  $6 \times -1 = -6$  индексных баллов.

- Вес туши равен 105, тогда:  $105 - 102 = 3$  и  $3 \times -0,5 = -1,5$  индексных балла.

\* Минимальное и максимальное количество индексных баллов составляет 70 и 104 соответственно.

### Пример 1

	Вес или %	Индексный коэффициент	Индексные баллы
Бескостная корейка	8,0 кг	3,40	27,2
Бескостный окорок	18,5 кг	2,75	50,875
Постность грудинки	59,00 %	1,80	-
Вес грудинки	14,2 кг	-	25,56
Вес туши	100 кг	0	0
	Общее количество индексных баллов		103,64
	Базовая цена, \$/кг		\$1,30
	Скорректированная базовая цена, \$/кг		\$1,35

### Пример 2

	Вес или %	Индексный коэффициент	Индексные баллы
Бескостная корейка	7,3 кг	3,40	24,82
Бескостный окорок	19,0 кг	2,50	47,5
Постность грудинки	54,68 %	1,50	-
Вес грудинки	16,0 кг	-	24
Вес туши	105 кг	-0,5	-1,5
	Общее количество индексных баллов		94,82
	Базовая цена, \$/кг		\$1,30
	Скорректированная базовая цена, \$/кг		\$1,23

Хотя вес и процент постности являются основными компонентами при расчетах за свиней, другие факторы также могут влиять на оплату. Некоторые перерабатывающие предприятия выплачивают надбавки за однородность свиней внутри партии, чтобы свести к минимуму колебания веса. Многие перерабатывающие предприятия по всему миру измеряют качество жира, что влияет на цену, выплачиваемую производителям свиней. Обычно это происходит путем установления минимального среднего показателя, которому производители должны соответствовать в течение заранее определенного периода (т.е. в среднем за месяц). В некоторых странах цены на хряков снижаются по сравнению с ценами на свинок и боровков.

В целом, каждый перерабатывающий завод может платить по-разному. Незначительные различия в системах оплаты могут влиять на вес, структуру туши и другие характеристики, которые определяют, какой тип свиней приносит наибольшую чистую прибыль.

## 1.2 Премиальные и субпремиальные части туши

Поскольку свинина является глобальным товаром, разделка туши во всем мире в основном стандартизирована, особенно на крупных перерабатывающих предприятиях. В большинстве случаев туша сначала проходит процесс, называемый основной разделкой, где туша разрезается на трети, хотя и в разных пропорциях. Эти трети включают окорок/ногу, середину (корейка и грудинка) и лопатку (рис. 1.15). По мере продвижения туши через процесс разделки, секции будут далее разделены на премиальные части.

### Шесть основных премиальных частей туши:

1. Окорок на кости
2. Корейка на кости
3. Грудинка
4. Ребра
5. Шея
6. Лопатка на кости

Эти премиальные части туши могут быть разделены на субпремиальные. Премиальные и субпремиальные части могут иметь незначительные отличия из-за спецификаций разреза в разных компаниях на разных заводах, но наибольшие различия существуют между разными регионами мира. Эти различия будут объяснены далее в этом разделе. Номенклатура также различается по всему миру, и эти различия также будут объяснены. На рис. 1.16, 1.17 и 1.18 приведены примеры того, как туши могут быть разделаны на премиальные и субпремиальные продукты в Северной Америке.

Рисунок 1.15 Премиальные отруба туши

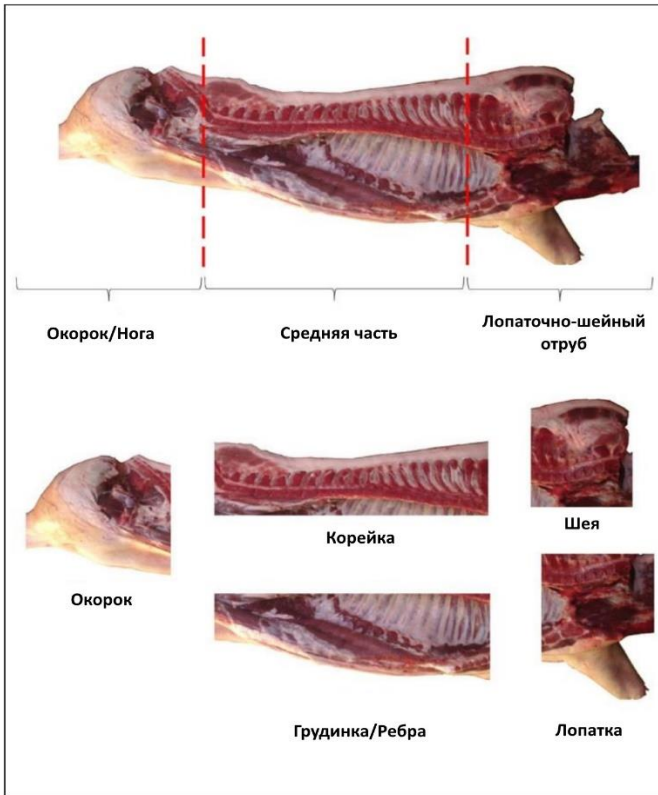


Рисунок 1.16 Премиальные отруба окорока и основные субпремиальные отруба

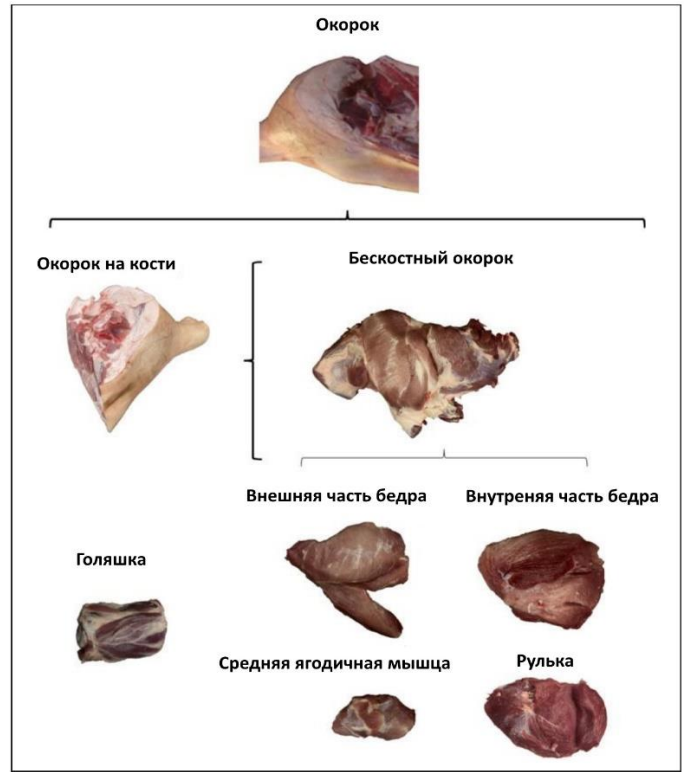


Рисунок 1.17 Премиальные и основные субпремиальные отруба средней части

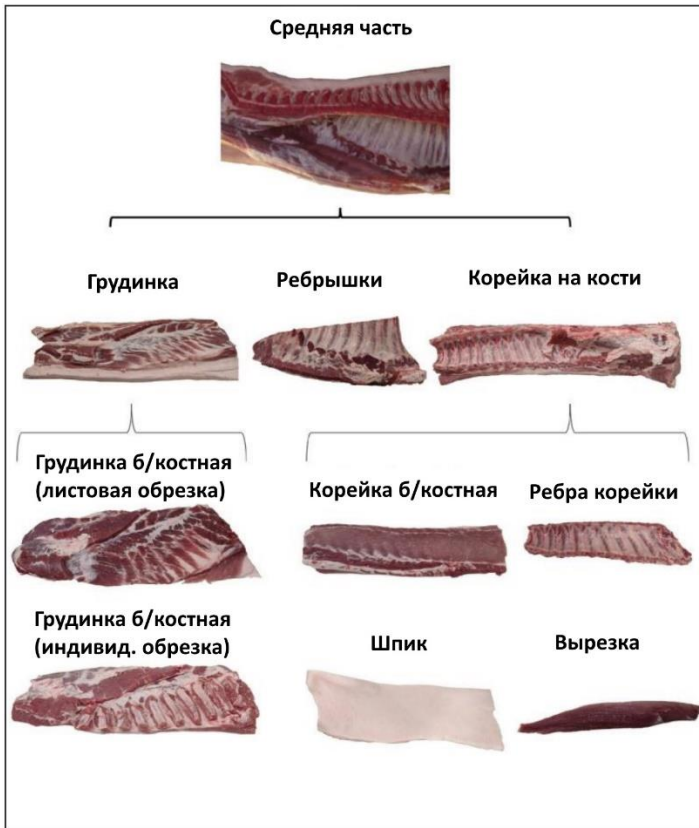
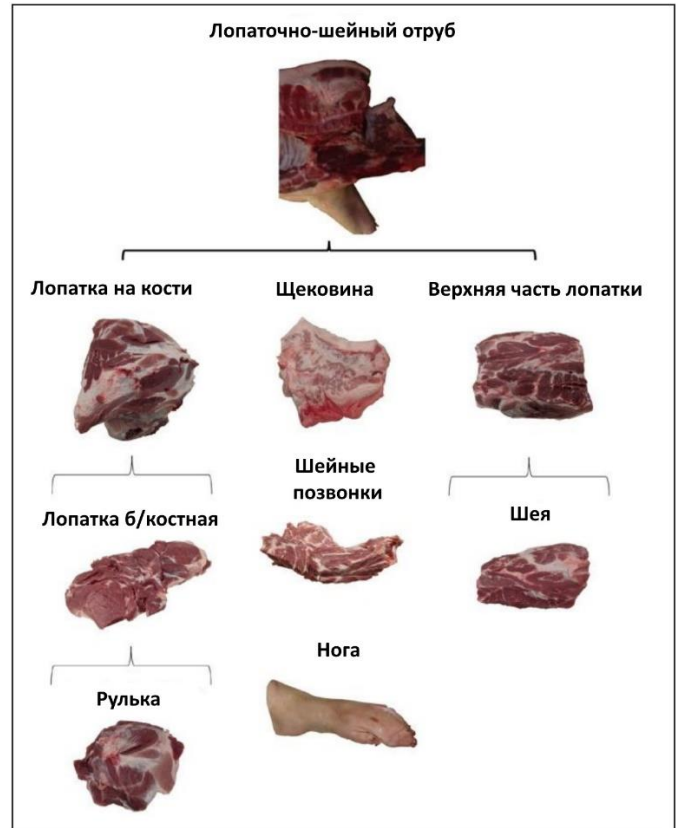


Рисунок 1.18 Премиальные и основные субпремиальные отруба лопаточно-шейной части



### 1.2.1 Региональные различия

На рис. 1.19 показаны основные различия в способах отделения окорока, средней и лопаточной частей в зависимости от региона мира, в котором перерабатывается свинина.

В США и Канаде окорок обычно отделяют в одном и том же месте, примерно на 3,8-8,8 см перед огузком и отрезают перпендикулярно голени. В большинстве других регионов окорок отрезается перпендикулярно голени, но в него входит вырезка из корейки. Таким образом, за пределами США и Канады окорок на кости будет намного больше из-за этой разницы в разделке туши.

Лопаточный отруб также отделяется от средней части в разных странах мира по-разному. В США разделение происходит в области 1-го и 2-го ребер, а в Канаде - в области 2-го и 3-го ребер. В большинстве других регионов разделение производится между 4-м и 5-м ребрами (так называемый разруб 4-5). Эти различия приводят к тому, что вес корейки и грудинки в США и Канаде намного выше, чем в других регионах.

## 1.3 Выход туши

### 1.3.1 Что такое выход туши и почему он важен?

Выход туши (иногда называемый "убойный выход") часто понимается неправильно, и терминология часто используется неверно. Важно не использовать термины "выход премиальных отрубов" и "выход туши" как взаимозаменяемые, поскольку они совершенно разные.

Выход туши - это объем туши, полученной от живой свиньи. Выход премиальных отрубов - это объем мяса премиальных отрубов, полученных из туши. Выход туши выражается в процентах. Чтобы рассчитать это число, просто разделите вес туши на живой вес и умножьте на 100 (рис. 1.20).

Большинство перерабатывающих предприятий исторически предоставляют производителям информацию о выходе туши, поэтому производители часто думают, что выход туши важен для их свиноводческого бизнеса. Во многих случаях выход туши не имеет значения. Ключевым моментом является то, платят ли производителю за живой вес или за вес туши.

Рисунок 1.19 Различия основной разделки туш

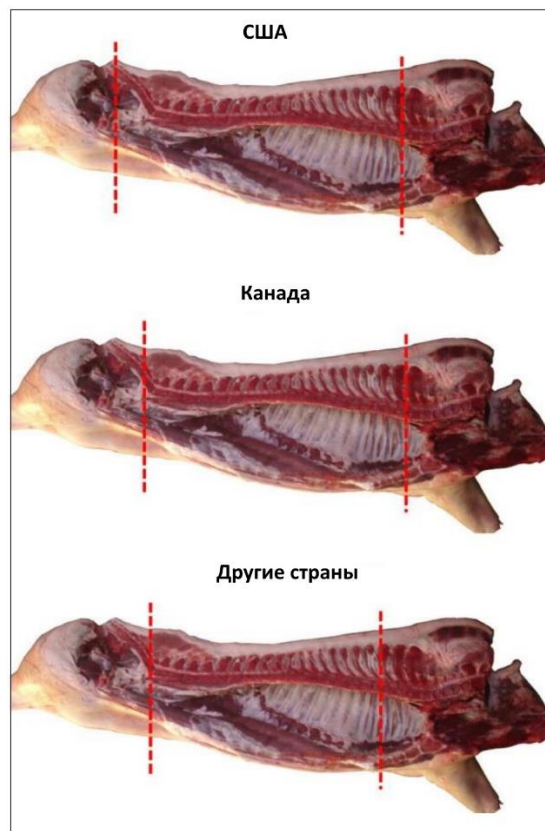
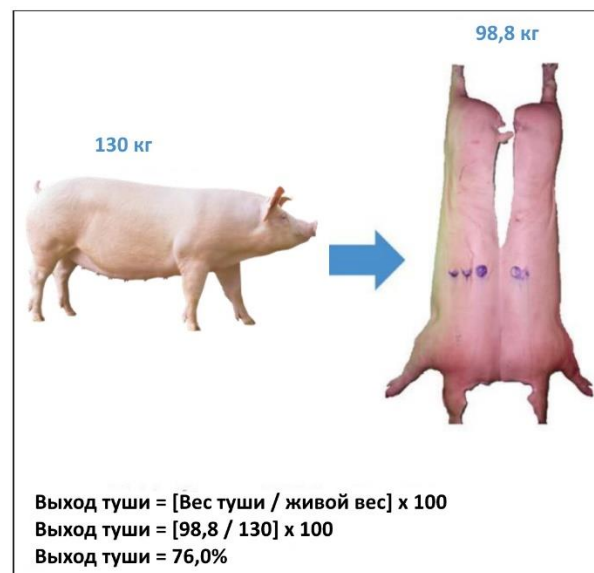


Рисунок 1.20 Расчет выхода туши



На рисунке 1.21 приведены расчеты оплаты за свиней на основе живого веса и веса туши по двум различным сценариям. В сценарии 1 живой вес увеличивается, а вес туши остается прежним, что приводит к снижению выхода продукции. В этом сценарии оплата по весу туши дает ту же сумму за тушу такого же размера, но оплата по живому весу увеличивается по мере увеличения живого веса.

Это означает, что при оплате на основе живого веса перерабатывающее предприятие может заплатить больше за тушу того же размера. Перерабатывающее предприятие окажется в невыгодном положении при таком сценарии, так как его закупочные расходы на кг туши увеличатся при использовании свиней с более низкой продуктивностью. Производитель со свиньями, дающими меньший выход туши, будет иметь преимущество и получит больше денег за меньшую тушу.

В сценарии 2 живой вес остается прежним, а вес туши увеличивается, что приводит к увеличению выхода туши. При таком сценарии оплата на основе живого веса дает ту же сумму за свинью того же веса. При расчете на основе веса туши оплата увеличивается по мере увеличения веса туши. Таким образом, перерабатывающее предприятие будет платить меньше за более тяжелую тушу (более высокую продуктивность) при оплате по принципу живого веса.

При таком сценарии перерабатывающее предприятие будет иметь преимущество при оплате по принципу живого веса, поскольку закупочные расходы предприятия на кг туши увеличиваются. Производитель с более высокопродуктивными свиньями находится в невыгодном положении и получит меньше денег при поставке большего количества туш на свинью.

Ключевым моментом является то, что, когда расчет оплаты основывается на весе туши, выход туши не имеет значения. Другими словами, ни производитель, ни переработчик не имеют преимуществ, связанных с выходом туши. Такой общий, коммерческий подход является наиболее желательным, поскольку на выход туши могут влиять множество факторов.

**Рисунок 1.21 Сравнение оплаты за свиней на основе живого веса или веса туши**

Цена за живой вес 1,19 €/кг		Цена за вес туши 1,50 €/кг		Сценарий 1 – Живой вес увеличивается, а вес туши остается прежним. Сценарий 2 - Живой вес остается прежним, а вес туши увеличивается.	
<b>Живой вес</b>	<b>Вес туши</b>	<b>Выход туши</b>	<b>Стоимость (живой вес)</b>	<b>Стоимость (вес туши)</b>	сценарий 1
110	88	80,0	€ 130,35	€ 132,00	
111	88	79,3	€ 131,54	€ 132,00	
112	88	78,6	€ 132,72	€ 132,00	
113	88	77,9	€ 133,91	€ 132,00	
<b>Живой вес</b>	<b>Вес туши</b>	<b>Выход туши</b>	<b>Стоимость (живой вес)</b>	<b>Стоимость (вес туши)</b>	сценарий 2
110	86	78,2	€ 130,35	€ 129,00	
110	87	79,1	€ 130,35	€ 130,50	
110	88	80,0	€ 130,35	€ 132,00	
110	89	80,9	€ 130,35	€ 133,50	

### 1.3.1 Факторы, влияющие на выход туши

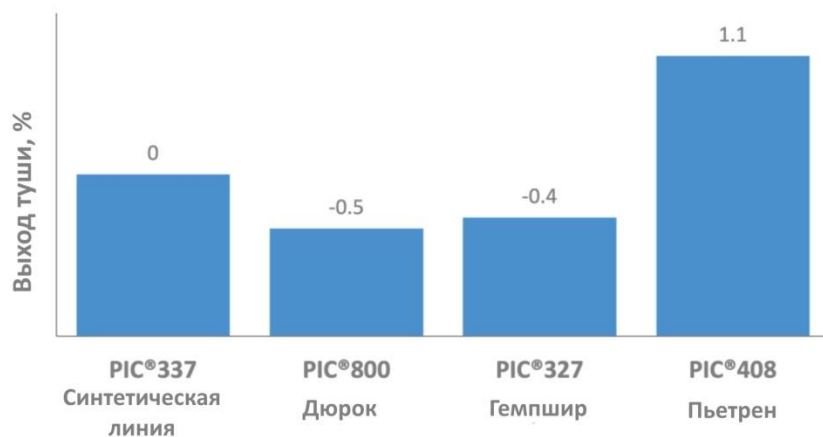
На выход туши влияют шесть основных факторов:

1. Генетика/пол/вес
2. Голодная выдержка/наполненность ЖКТ
3. Кормление
4. Точность взвешивания
5. Место взвешивания
6. Процедура разделки туши

#### Генетика/Пол/Вес

Генотип, пол и вес свиней могут влиять на выход туши. На рисунке 1.22 приведены данные программы PIC по проверке продуктивности, которые демонстрируют различия в выходе туши между разными породами/линиями. Очевидно, что линия Пьетрен (PIC408) имеет самый высокий выход туши, за ней следует синтетическая линия (PIC337), а также линии Гемпшир (PIC327) и Дюрок (PIC800).

Рисунок 1.22 Влияние генотипа на выход туши\*



\* На основе многочисленных испытаний PIC по оценке качества продуктов

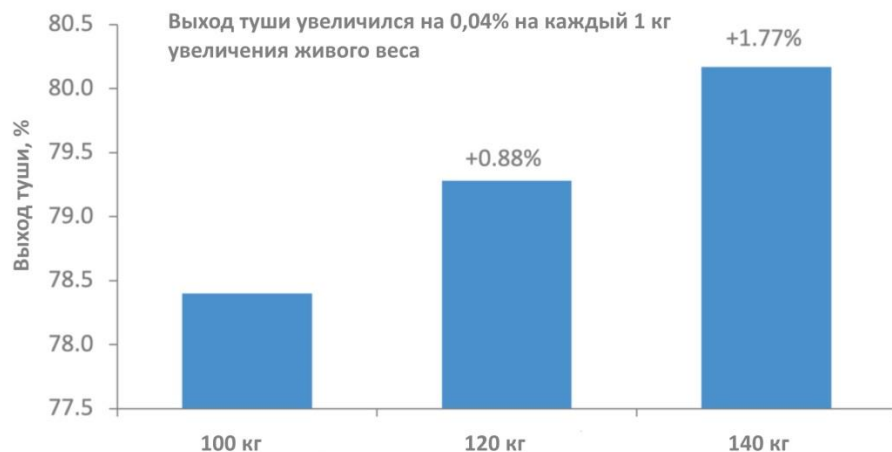
Что касается пола животных, в таблице 1.5 представлены 7 различных испытаний, в которых определялись различия в выходе туши между боровками и свинками. Результаты оказались противоречивыми: в 4 испытаниях более высокий выход был у боровков, а в 3 - у свинок. В целом, в среднем, выход туши у боровков на 0,10% выше, чем у свинок. В обзоре литературы, проведенном Сьюэ и др. (1997) с использованием 15 литературных источников, было установлено, что в среднем выход туши у боровков на 0,92% выше, чем у хряков (различия в весе половых органов повлияли на большую часть этих различий).

Таблица 1.5 Влияние пола животных на выход туши

Источник	Боровки	Свинки	Разница
Сьюэ и др., 2010	77,35	77,38	-0,03
Фрисен и др., 1994	72,67	71,92	0,75
Кристиан и др., 1980	71,61	71,38	0,23
Латорре и др., 2008	78,50	78,40	0,10
Болер и др., 2014	78,72	78,51	0,21
Бертоль и др., 2015	79,44	79,55	-0,12
Вагнер и др., 1999	74,63	75,10	-0,47
		<b>Среднее значение</b>	<b>0,10</b>

На рисунке 1.23 обобщены данные из 7 различных литературных источников для определения влияния живого веса на выход туши. Вес в испытаниях варьировался от 91 до 182 кг. Для каждого испытания были рассчитаны наклоны линии регрессии. Затем средний наклон по всем испытаниям был использован для получения данных, представленных на рисунке. В среднем выход туши увеличивался на 0,04% на каждый 1 кг увеличения живой массы.

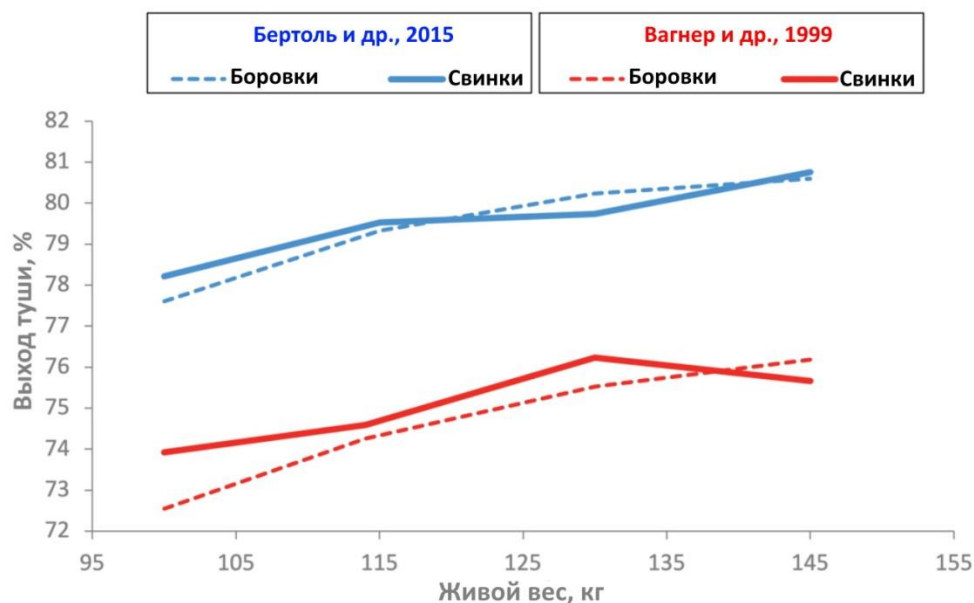
**Рисунок 1.23 Влияние живого веса на выход туши\***



\*Данные получены с помощью анализа данных по 7 испытаниям (Кристиан и др., 1980; Латорре и др., 2008; Эплл и др., 2009; Виргилий и др., 2003; Кроум и др., 1996; Бертоль и др., 2015; и Вагнер и др., 1999), с убойным весом от 91 до 182 кг

На рисунке 1.24 показано взаимосвязанное влияние пола и живого веса на выход туши. При меньшем весе свинки имели более высокий выход. По мере увеличения веса разница уменьшалась, и в более тяжелых весах у боровков был более высокий или аналогичный выход. Это может объяснить различия, наблюдаемые в данных из таблицы 1.5 между боровками и свинками, когда в испытаниях использовались разные конечные веса.

**Рисунок 1.24 Взаимосвязанное влияние живого веса и пола на выход туши**





### Наполненность ЖКТ/Голодная выдержка

Основными компонентами живого веса, не включаемыми в вес туши, являются внутренности, репродуктивный тракт, кровь, щетина, копыта и голова (если это туша без головы). Внутренности являются самым большим компонентом живого веса ( $\approx 14\%$ ), который не включается в вес туши.

Пищеварительный тракт составляет большую часть внутренностей. На вес пищеварительного тракта может влиять количество корма и воды в тракте (наполненность желудочно-кишечного тракта). Используя расчеты в таблице 1.6 для определения влияния наполненности ЖКТ на выход туши, 1 кг содержимого ЖКТ снизит выход туши на 0,60% (выход без головы) или 0,64% (выход с головой). Регулирование наполненности ЖКТ является важным фактором повышения выхода туши и снижения вариации этого параметра.

Таблица 1.6 Влияние наполненности ЖКТ на выход туши

Показатель	Туша без головы		Туша с головой	
	наполненность 0 кг	наполненность 1 кг	наполненность 0 кг	наполненность 1 кг
Живой вес, кг	125	126	125	126
Вес туши, кг	95	95	101,25	101,25
Голова (5%), кг	6,25	6,25	0	0
Щетина/кровь/копыта (6%), кг	7,5	7,5	7,5	7,5
Внутренности (14%), кг	16,25	17,25	16,25	17,25
Выход туши, %	76,00	75,40	81,00	80,36

**Влияние 1 кг содержимого ЖКТ**

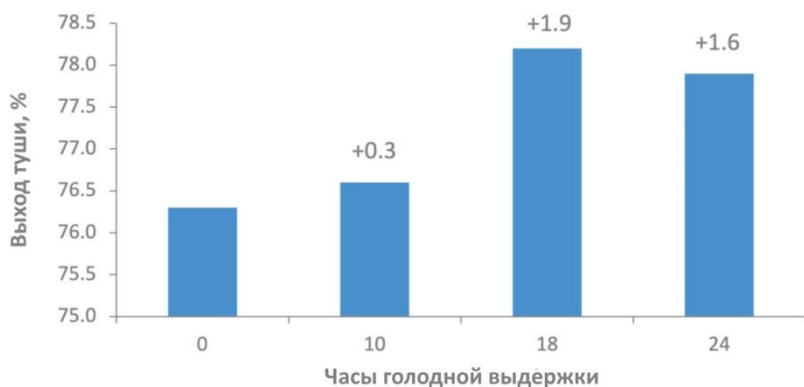
**-0,60**

**-0,64**

Голодная выдержка перед убоем иногда используется для уменьшения наполненности ЖКТ. Данные крупного коммерческого исследования показывают, что выход туши увеличивается по мере увеличения количества часов, проведенных без корма (рис. 1.25). Эффект минимален до 10 часов без корма, но при 18 часах без корма выход туши увеличивается почти на 2%.

Однако чрезмерная голодная выдержка может снизить выход туши. Данные показывают, что разница между 18 и 24 часами голодной выдержки минимальна, но она более выражена в диапазоне 24 и 30 часов без корма. В основном это связано с потенциальной потерей мышечной массы в туше.

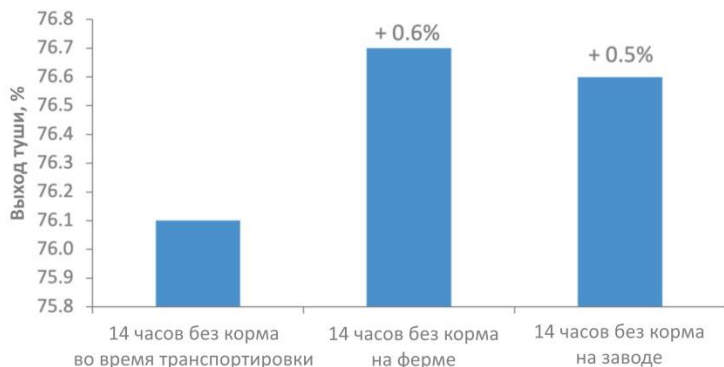
Рисунок 1.25 Влияние продолжительности голодной выдержки на выход туши\*



\*Неопубликованные данные крупного коммерческого исследования

Время голодной выдержки также может оказывать влияние. В крупном коммерческом исследовании оценивалось влияние 14-часовой голодной выдержки и того, где она проводилась - на ферме, во время транспортировки или на перерабатывающем предприятии (рис. 1.26).

**Рисунок 1.26 Влияние типа голодной выдержки на выход туши\***



\* Неопубликованные данные крупного коммерческого исследования.  
Общее время голодной выдержки 16-17 часов.

Свиньи, которых не кормили в течение 14 часов на ферме или на перерабатывающем заводе, имели более высокий выход туши (меньшее наполнение ЖКТ), чем свиньи, которых не кормили в течение 14 часов во время транспортировки. Эти различия, скорее всего, связаны с остановкой метаболизма кишечника во время транспортировки из-за стресса, без достаточного отдыха на бойне для возобновления нормальной работы кишечника.

Эти данные свидетельствуют о том, что перед погрузкой и транспортировкой необходимо проведение голодной выдержки, чтобы минимизировать наполнение ЖКТ и контролировать выход туши. PIC рекомендует минимум 6-8 часов выдержки свиней без корма перед погрузкой, и как минимум 2-3 часа отдыха после размещения свиней в загонах после транспортировки, и перед поступлением свиней на огушение. В идеале, общее время голодной выдержки (на ферме, при транспортировке и на бойне) должно составлять 12-20 часов, при этом общее время голодной выдержки не должно превышать 24 часа.

Важно также учитывать негативное влияние, которое может оказать на свиней отсутствие корма. Если система кормления или процедура отгрузки не позволяют отдельно размещать товарных свиней для голодной выдержки, кормление будет отключено для всего зала откорма или станка в пределах зала. Это приведет к тому, что свиньи, которые не будут продаваться в этот день, останутся без корма.

Крупномасштабные коммерческие исследования в США показали, что падеж может вырасти на 0,25%, если практикуется голодная выдержка за 2 недели до освобождения производственного корпуса, но на другие производственные показатели это не повлияло. Однако крупномасштабные коммерческие наблюдения в Европе показали, что голодная выдержка за 4 недели до освобождения производственного корпуса не влияет на последующий уровень падежа.

Это различие может объясняться уровнем падежа перед продажей животных. В американском исследовании средний уровень падежа составил более 6%, в то время как в европейском исследовании он был менее 2%. Это указывает на то, что важно учитывать состояние здоровья и/или перебои с подачей корма, перед началом продаж из зала, особенно при рассмотрении вопроса о применении голодной выдержки до полного освобождения зала.

Важно отметить, что рекомендованное PIC время голодной выдержки также оказывает положительное влияние на качество свинины. Это будет обсуждаться в разделах [3.2.3.2](#) и [3.3.2](#).

## Кормление

Многие аспекты кормления могут влиять на выход туши. Одной из наиболее распространенных схем кормления является схема с использованием рационов с высоким содержанием клетчатки, что снижает выход туши.

В многочисленных исследованиях оценивались ингредиенты с высоким содержанием клетчатки, такие как сухая кукурузная барда. Исследователи обнаружили, что выход туши последовательно снижается по мере увеличения содержания в рационе ингредиентов с высоким содержанием клетчатки. Во многом этот эффект объясняется замедлением скорости прохождения по кишечнику кормов с высоким содержанием клетчатки. Это приводит к увеличению объема содержимого кишечника при продаже свиней.

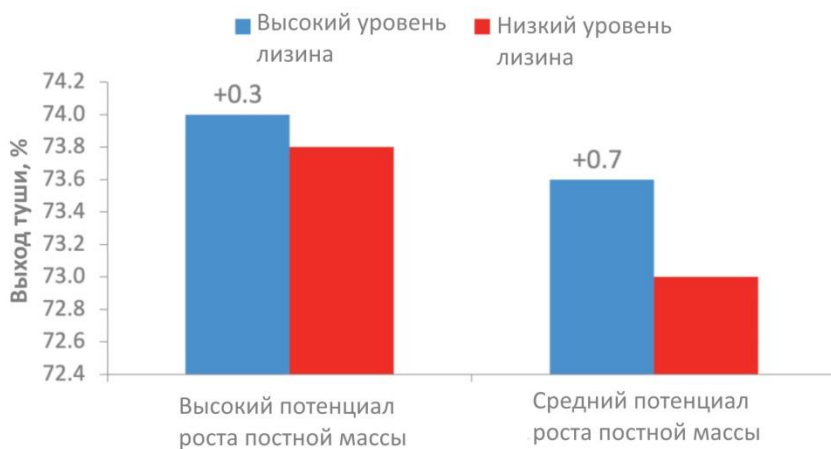
Аналогично, исследования PIC показывают, что повышение уровня энергии в рационе (снижение уровня клетчатки) увеличивает выход туши (рисунок 1.27). Другие исследования, связанные с уровнем аминокислот, показывают, что повышение уровня аминокислот за счет кристаллических аминокислот может увеличить выход туши (Рисунок 1.28). Этот эффект более высокого уровня аминокислот связан с увеличенным содержанием клетчатки. Более высокие уровни аминокислот приводят к увеличению клетчатки в рационах из-за уменьшения количества соевого шрота, вводимого в рацион, что приводит к большему наполнению кишечника.

Рисунок 1.27 Влияние кормовой энергии на выход туши\*



\*Данные коммерческих исследований PIC

Рисунок 1.28 Влияние уровня лизина на выход туши\*



\*По материалам Фризен и др., 1994; J. Anim.Sci. 72:946-954

### Точность взвешивания

Точность взвешивания может иметь большое значение при оценке выхода туши. Если весы не обслуживаются и/или не калибруются регулярно, то результаты взвешивания могут быть неточными и привести к более низким или более высоким, чем ожидалось, значениям, выхода.

Что еще более важно, живые веса для расчета выхода туши обычно берутся по весу партии в машине (т.е. на автомобильных весах), в то время как вес туши берется по отдельности на других весах. Точная и последовательная оценка живого веса свиней и веса туши имеет решающее значение для измерения и понимания коммерческих последствий выхода туши.

### Место взвешивания

Место измерения живого веса свиней может оказать большое влияние на выход туши. Когда живой вес измеряется на территории бойни, выход обычно выше, чем когда живой вес измеряется до или во время транспортировки.

Это связано с тем, что свиньи теряют вес во время транспортировки ("транспортные потери"). Потеря веса может быть разной, но обычно она составляет от 1% до 2%. Например, предположим, что свинья весит 125 кг на ферме и весит 123 кг, когда она прибывает на бойню (потеря при транспортировке 1,6%). Если вес туши (с головой) составляет 100 кг, то расчетный выход туши составит 80% для живого веса на ферме и 81,3% для живого веса, полученного на бойне. Это разница в 1,3% в выходе туши обусловлена только местом и временем определения живого веса.

### Процедура разделки

Процедура разделки может существенно повлиять на выход туши. В большинстве стран голову оставляют на туше. В США голову отделяют от туши перед измерением веса туши. Голова составляет 4-5% от живого веса свиньи и влияет на выход на 4-5%. Типичное значение выхода туши с головой составляет 79%-81%, а без головы - 74%-76%. Другие части тела, которые могут удаляться или нет, но могут повлиять на выход, - это листовый жир, почки, ноги и кожа.

Чрезмерные потери при разделке также могут повлиять на вес туши и могут произойти по следующим причинам:

- Крипторхи и односторонние крипторхи
- Разрывы, брюшные грыжи (разрыв брюшины) и т.д.
- Черные корни волос и/или «жесткая щетина»
  - Требуется снятие кожи
- Укусы насекомых, болезни / нарушения здоровья
  - Повреждения кожного покрова
  - Спайки в легких
  - Некондиционные внутренние органы
- Раны, порезы, гематомы, абсцессы и т.д.
  - Часто вызваны острыми объектами в станках (болты, замки дверей, поилки и т.д.)
  - Переломы конечностей
  - Покусанные хвосты
  - Ссадины от драк с другими животными
- Голодная выдержка
  - Уменьшение загрязнения содержимым ЖКТ

Хотя чрезмерные потери при зачистке могут сильно повлиять на выход отдельной туши, влияние на всю партию может быть незаметным, если потери ограничиваются только одним животным. Наибольшее влияние наблюдается, когда целые партии свиней больны или имеют какие-либо другие повреждения (например, укусы насекомых).



## Раздел 2

# Определение качества мяса и Программа РС® по достижению желаемых результатов



Качество мяса - это термин, который широко используется и часто описывает множество различных характеристик мяса. В следующих двух разделах будет дано определение качества мяса и рассмотрены различные важные для отрасли аспекты качества мяса.

Общее определение качества - это "совокупность всех характеристик, которые вызывают различия между образцами продукта и которые влияют на оценку продукта конечным потребителем" (Хоффман, 1994). Таким образом, конечный потребитель определяет качество на основе предпочитаемых или наиболее важных характеристик. Для качества свинины конечный потребитель может означать переработчика, оптовика, розничного продавца или, что самое главное, потребителя.

Качество мяса можно разделить на 5 категорий:

1. Гигиена и пищевая безопасность
  - Аспекты убоя, обработки и холодной переработки, которые могут повлиять на то, безопасна ли свинина для употребления в пищу.
2. Пищевая ценность
  - Аспекты белкового, жирового и углеводного состава мяса и то, насколько здоровым этот состав воспринимается конечным пользователем.
3. Этика/благополучие животных
  - Аспекты того, как с животным обращались и выращивали на ферме до ее убоя на перерабатывающем предприятии.
4. Органолептические характеристики
  - Аспекты, связанные с непосредственным употреблением свинины в пищу.
5. Технологические параметры
  - Аспекты, которые позволяют прогнозировать вкусовые качества свинины или ее пригодность для конкретной переработки.

Из этих пяти категорий такие компоненты, как гигиена/пищевая безопасность, пищевой состав, этика/благополучие животных могут считаться фиксированными аспектами качества. Другими словами, свинина должна быть переработана этичным способом, а также удовлетворять требованиям потребителей по безопасности и питательности.

Данное руководство посвящено органолептическим и технологическим аспектам качества свинины, которые определяют фактические или потенциальные ощущения от употребления свинины. Важно отметить, что этический компонент/компонент благополучия в некоторой степени пересекается с органолептическим и технологическим компонентами, поскольку плохое благополучие приводит к стрессу свиней. Это может негативно сказаться на пищевых качествах свинины.

Органолептический компонент состоит из оценок, сделанных во время употребления продукта (осознанно или неосознанно), которые определяют пищевые ощущения. Научное тестирование проводится с помощью сенсорной (обученной) или потребительской (необученной) группы. В ходе тестирования обычно оцениваются нежность, сочность, вкус и посторонние привкусы. Более подробно эти два типа экспертных групп будут рассмотрены [разделе 3](#) данного руководства.

Технологический компонент состоит из стандартных измерений, которые используются для определения или прогнозирования качества свинины, включая:

- pH
- Влагоудерживающая способность
- Цвет
- Инструментальная нежность
- Мраморность/внутримышечный жир (IMF)
- Качество жира

Органолептические и технологические компоненты качества свинины разделены на две категории для дальнейшего обсуждения в следующих двух разделах.

## 2.1 Программа PIC Blueprint

Благодаря нашему нынешнему пониманию фундаментальных и прикладных научных основ качества мяса, можно разработать систему для более последовательного достижения желаемого качества мяса. Проект под названием «Программа благополучия животных и качества мяса», разработанный компанией PIC в 1996 году, стал одним из первых отраслевых стандартов качества свинины.

Данная программа была разработана PIC, чтобы выявить практики, которые обеспечивают гуманное обращение с животными и их убой, что ведет к улучшению качества мяса. PIC активно следит за новыми научными знаниями и вносит свой вклад в их развитие, чтобы постоянно обновлять свою программу.

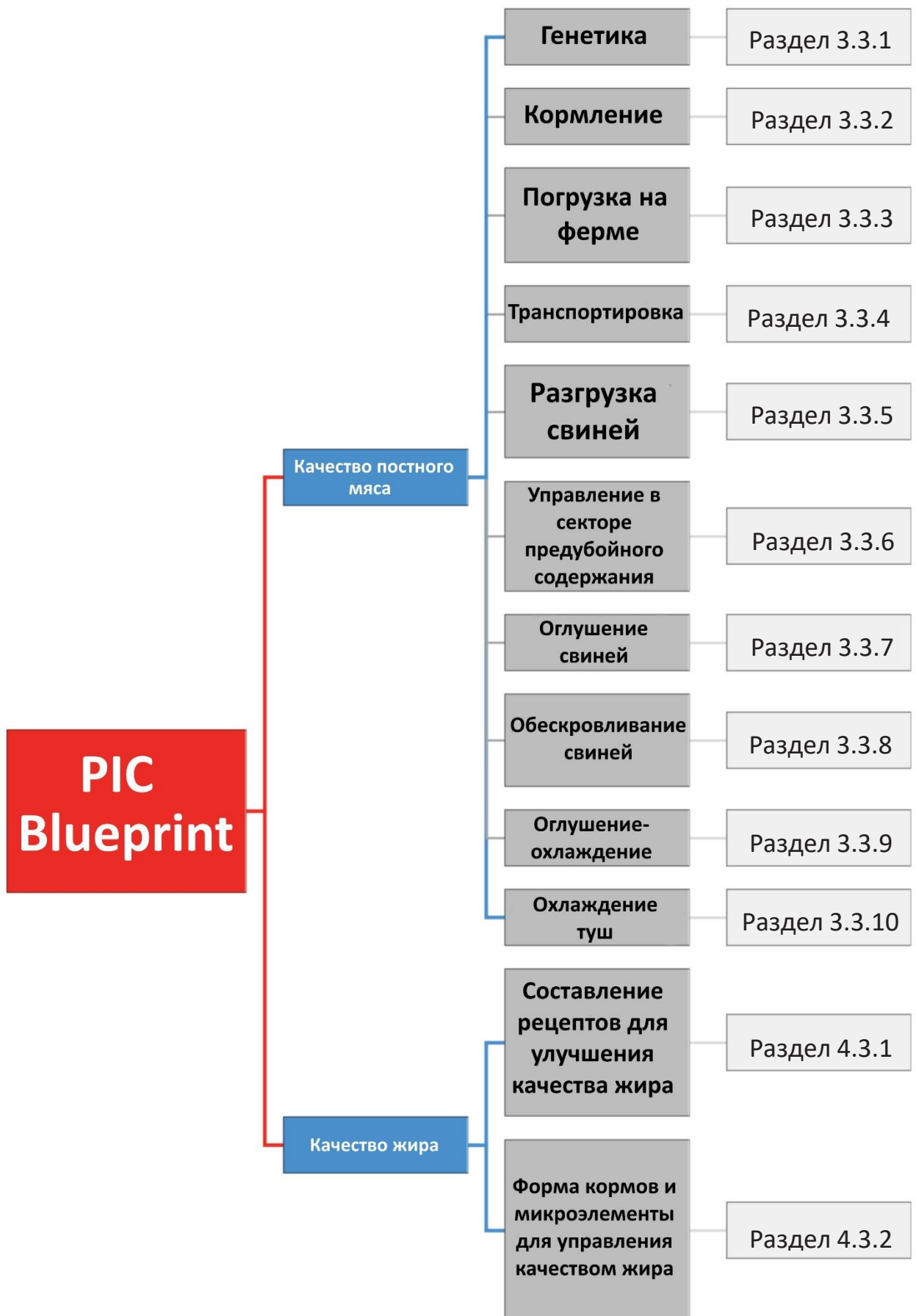
Когда мы говорим об управлении качеством постного мяса (MQ), необходимо учитывать три основных фактора: уровень запасов гликогена (или гликолитический потенциал; GP), уровень стресса (S) и скорость снижения температуры туши (T). Представьте управление качеством мяса в виде уравнения:

$$MQ = GP + S + T$$

В программе PIC Blueprint рассматриваются 10 критических областей для развития хорошего качества мяса. К ним относятся генетика, кормление, погрузка на ферме, транспортировка, разгрузка на перерабатывающем предприятии, управление на этапах предубойного содержания, оглушения и обескровливания, управление в этапе от оглушения и до охлаждения, а также охлаждение туши. В первоначальном документе PIC Pork Quality Blueprint рассматривались только постные качества и благополучие животных. Поскольку с начала 2000-х годов качество жира становится все более важным, оно было включено в обновленную программу PIC Pork Quality Blueprint.

Схематично программа PIC Pork Quality Blueprint по качеству мяса и жира свиней представлена на рисунке 2.1. Хотя в разделах 3 и 4 постное мясо и жировая ткань будут подробно рассмотрены с точки зрения биологии, а также управления и измерения, данную схему можно использовать в качестве краткого справочника для поиска конкретных методов управления.

Рисунок 2.1 Схема программы PIC по качеству мяса









### 3.1 Измерение качества постного мяса

Определение качества постной свинины (мышечной ткани) может означать разные вещи для разных людей. Эти характеристики часто включают в себя внешний вид или текстуру свинины. Однако окончательным показателем качества постной свинины являются ее пищевые качества (нежность, сочность и вкус).

Для измерения или прогнозирования качества постного мяса можно использовать описываемые далее показатели, на которые могут влиять несколько факторов, также рассмотренных ниже. Данный раздел посвящен этим показателям, а также оборудованию и методам оценки. Будут рассмотрены факторы, влияющие на эти показатели в процессе преобразования скелетных мышц в мясо, а также способы управления этими биохимическими процессами.

### 3.1.1 Ключевые показатели

Показатели можно поделить на две категории: 1) косвенные измерения, которые используются для прогнозирования качества постного мяса, и 2) прямые измерения, которые оценивают пищевые качества постного мяса.

#### Косвенные измерения

- pH
  - Измерение кислотности в мышцах/мясе.
  - Образование лактата в мышцах/мясе после убоя приводит к снижению pH.
  - pH является объективным измерением.
- Цвет
  - Цвет постной мышечной ткани/мяса.
  - На цвет влияет уровень миоглобина и pH.
  - Цвет может быть измерен субъективно или объективно.
  - Цвет также может быть прямым измерением, поскольку потребители могут выбирать продукт на основе цвета.
- Влагоудерживающая способность
  - Способность мышечной ткани/мяса удерживать воду.
  - Напрямую связана с pH мышечной ткани/мяса.
  - Обычно измеряется определением объема влагопотерь мяса (при хранении и размораживании).
  - Степень у жарки и уварки также зависит от влагоудерживающей способности.
  - В основном измеряется объективным способом.
- Твердость
  - Измерение твердости мышцы или группы мышц.
  - На твердость влияет множество факторов, включая pH, состав жира, температура, вес и т.д. премиального или субпремиального отруба.
  - В основном измеряется субъективно.
- Мраморность/ВМЖ
  - Уровень внутримышечного жира (ВМЖ) в мышечной ткани.
  - Не связан с уровнем pH.
  - Может зависеть от генетики, диеты и пола.
  - Может измеряться субъективно (мраморность) или объективно (измеренный уровень ВМЖ/липидов).
  - Мраморность также может быть прямым измерением, так как потребители могут выбирать продукт по степени мраморности.
- Температура
  - Снижается по мере превращения мышечной ткани в мясо в течение первых ~24 часов после убоя.
  - Скорость снижения температуры важна для регулирования посмертного метаболизма и снижения pH.
  - Температура измеряется объективно.

#### Прямые измерения

- Усилие среза
  - Прямой показатель нежности свинины.
  - Коррелирует также с pH, сочностью и вкусом.
  - Усилие среза измеряется объективно.
- Органолептический анализ
  - Группа людей проводит тестирование вкуса в контролируемых условиях со стандартизированной оценкой.
  - Группы дегустаторов могут быть состоять из обученных специалистов или покупателей (необученные дегустаторы).
  - Органолептический анализ, по большей части, является субъективным измерением. Высококвалифицированная группа дегустаторов уменьшает субъективность.



## 3.1.2 Измерения качества мяса

### 3.1.2.1 Измерение pH

Для измерения pH мяса существует множество различных измерительных приборов. Некоторые из распространенных, используемых во всем мире, приведены на рисунке 3.1.

Рисунок 3.1 Распространенные pH-метры



MPI pH-метр

<http://www.meatprobes.com/>



Frontmtec pH\*K21

Photo courtesy of Frontmtec  
(<https://www.frontmtec.com/>)



Hanna HI98163

<https://www.hannainst.com/>



Hanna Halo Bluetooth FC2022

<https://www.hannainst.com/>



Рисунок 3.2 Типы зондов для измерения pH в мясе



Зонд со  
стеклянным  
наконечником

Не стеклянный  
зонд IFLET

Ключ к получению достоверных измерений pH зависит не столько от самого pH-метра, сколько от качества pH-зонда, используемого с ним. Важно использовать pH-метр, оснащенный pH-зондом, предназначенным для определения pH в пищевых продуктах.

Два наиболее распространенных типа зондов, используемых для измерения pH мяса, - это зонд со стеклянным наконечником и не стеклянный зонд ISFET (рис. 3.2). Эти наконечники имеют форму копыта, что позволяет вводить их в неповрежденную мышцу. Использование зонда ISFET желательно с точки зрения безопасности пищевых продуктов, поскольку снижается риск загрязнения мяса разбитыми стеклянными наконечниками. Однако зонды со стеклянным наконечником более точные и надежные.

Основная проблема с ISFET-зондом заключается в том, что датчику трудно обеспечить надлежащий контакт с мясом, поскольку он слегка утоплен в зонд. Датчик ISFET также имеет более медленное время реакции по сравнению со стеклом. Несмотря на эти недостатки, может возникнуть необходимость в использовании ISFET-зондов на перерабатывающих предприятиях, где запрещено использовать зонды со стеклянным наконечником.

Примечание: Некоторые pH-зонды (Smart Probes) имеют возможность одновременного измерения pH и температуры.

Большинство рН-метров разработаны для использования в лабораторных условиях и поэтому не подходят для применения на перерабатывающих предприятиях. Однако некоторые модели разработаны как портативные и водонепроницаемые, что делает их идеальными для использования на перерабатывающих предприятиях. Существует три основных типа ручных рН-метров:

- Пистолетного типа:
  - Разработан специально для измерения рН в мясе; позволяет использовать прибор одной рукой.
  - Обычно дороже, ценовой диапазон от 2 500 до 5 000 долларов США (цены 2021 года).
- Ручной проводной:
  - Требуется использования обеих рук, так как рН-зонд находится на шнуре.
  - Стоимость недорогих моделей начинается примерно с 200 долларов США без рН-зонда. В зависимости от типа зонда, стоимость варьируется от 150 до 300 долларов США.
- С bluetooth: можно использовать как одной, так и двумя руками (требуется смартфон или планшет).
  - Зонд является рН-метром, но оснащен приложением для записи рН. Такие зонды стоят около 200 долларов США.

При выборе рН-метра следует также учитывать возможность регистрации и сохранения результатов измерений рН и последующей загрузки данных. Это позволяет упростить и повысить точность сбора данных и гибкость при проведении большего количества измерений за меньшее время. Возможность регистрации не менее 500 образцов идеально подходит для большинства применений на перерабатывающих предприятиях.

При выборе рН-метра также учитывайте возможность калибровки. Как минимум, рН-метр должен иметь возможность двухточечной калибровки с буферными растворами со значениями рН 4,0 и 7,0.

При отсутствии ограничений в отношении рН-зондов со стеклянными наконечниками, мы предлагаем следующие характеристики при выборе рН-метра:

- рН-метр, использующий зонды со стеклянными наконечниками.
- рН-метр с возможностью ручной регулировки температуры.
- рН-метр с возможностью регистрации и загрузки результатов.
- Минимальная возможность калибровки при значениях рН 4,0 и 7,0.
- Скорость измерения < 5 секунд.

Все рН-метры, представленные на рисунке 3.1, соответствуют этим спецификациям. Могут быть доступны и другие рН-метры, не менее эффективные.

Процедуры калибровки и хранения рН-метра являются ключевыми для получения надежных и достоверных результатов рН. Калибровку рН-метра следует проводить со свежим буферным раствором с рН 4,0 и 7,0 в начале каждого дня. Перепроверяйте калибровку в течение дня с помощью буферных растворов. Если калибровка нарушена более чем на 0,05 единиц рН, проведите повторную калибровку.

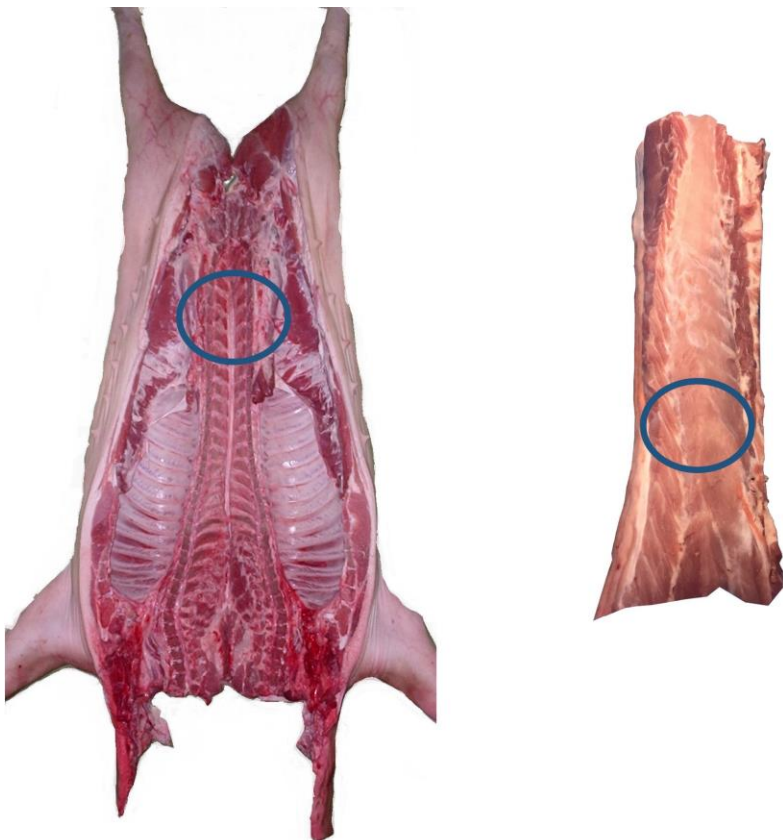
Если рН-зонд не использовался более двух дней, перед калибровкой замочите его в старом калибровочном буферном растворе на 30 минут, чтобы предотвратить разброс в измерениях.

После калибровки и между измерениями храните наконечник рН-зонда в калибровочном буферном растворе. При хранении рН-зондов на ночь наконечник зонда следует поместить либо в раствор для хранения (4М КСI или аналогичный), либо в буферный раствор (с рН 4,0 или 7,0). Для более длительного хранения предпочтительнее использовать раствор для хранения, а не буферный раствор.

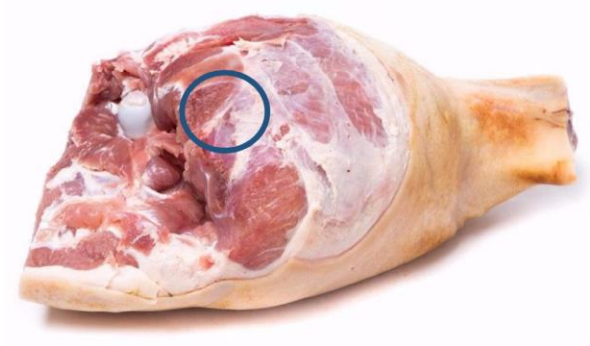
Буферные растворы следует хранить в герметичных контейнерах. Чрезмерное воздействие воздуха приводит к порче буферных растворов. Для ежедневной калибровки лучше всего иметь небольшие контейнеры с каждым калибровочным буфером, которые еженедельно пополняются из оригинальных контейнеров с буферными растворами.

Как правило, pH измеряется либо в окороке, либо в корейке. Чаще всего pH окорока измеряется в полуперепончатой мышце, а pH корейки - в длиннейшей мышце. Эти два места часто считаются самыми неблагоприятными для pH, что позволяет выявить различия, обусловленные генетикой и/или факторами окружающей среды. Значение pH корейки и окорока может быть измерено на неразделанной туше или на отдельных отрубках, в зависимости от того, какой метод наиболее подходит для данного перерабатывающего предприятия (рис. 3.3 и 3.4). При измерении pH корейки на неразделанной туше проводите измерения между 10-м и последним ребром, чтобы избежать измерения других мышц, кроме длиннейшей мышцы.

**Рисунок 3.3 Измерение pH корейки**



**Рисунок 3.4 Измерение pH в окороке**



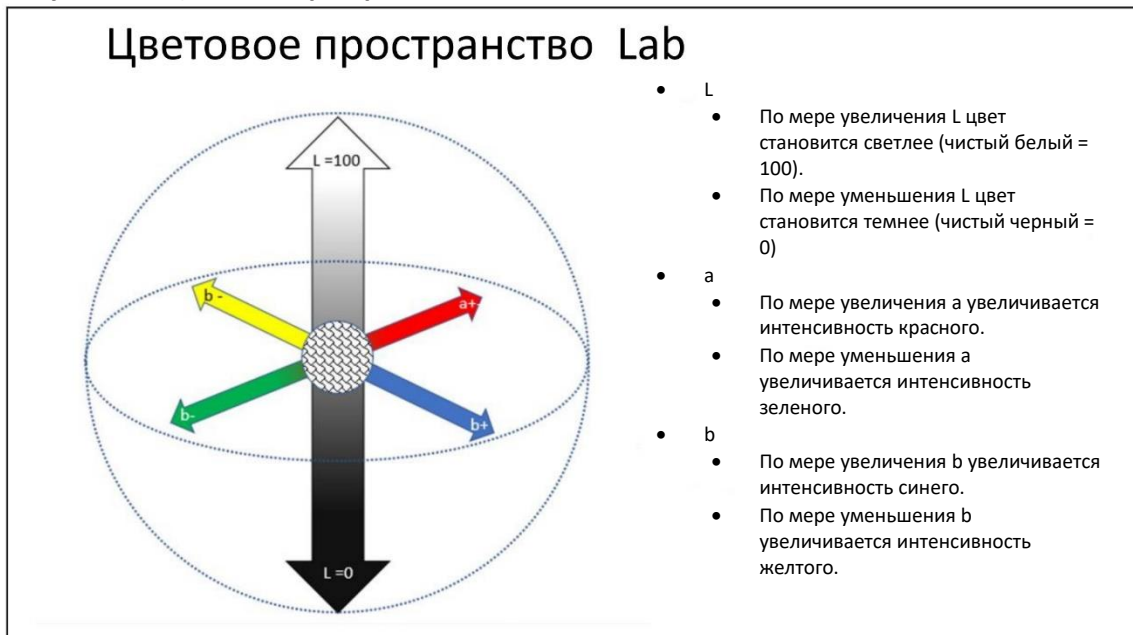
### 3.1.2.2 Измерение цвета

Цвет мяса может быть измерен объективно или субъективно. Объективные измерения цвета мяса обычно проводятся с помощью колориметров, в то время как субъективные измерения - с помощью набора определенных стандартов.

#### Объективные измерения

Существует четыре ключевых компонента инструментального измерения цвета, включая цветовое пространство, осветители, угол наблюдателя и размер измерительной апертуры. Обычно в мясной промышленности используются только два цветовых пространства: 1) CIE  $L^*a^*b^*$ , или Hunter  $L a b$ . Эти трехмерные цветовые пространства обеспечивают значения "L", "a" и "b", которые мы используем для оценки цвета мяса (Рисунок 3.5).

Рисунок 3.5 Цветовое пространство Lab



Значение  $L^*$  представляет собой уровень светлости/темноты (от белого до черного), при этом более низкое число (более темный цвет) предпочтительнее для свинины. Значение  $a^*$  представляет собой красноту (от красного до зеленого), при этом более высокое число (более красный цвет) предпочтительнее для свинины. Значение  $b^*$  отражает желтизну (от желтого до синего), причем для свинины предпочтительнее меньшее число (менее желтый цвет). Значения  $L^*a^*b^*$  зависят от освещенности и угла зрения наблюдателя.

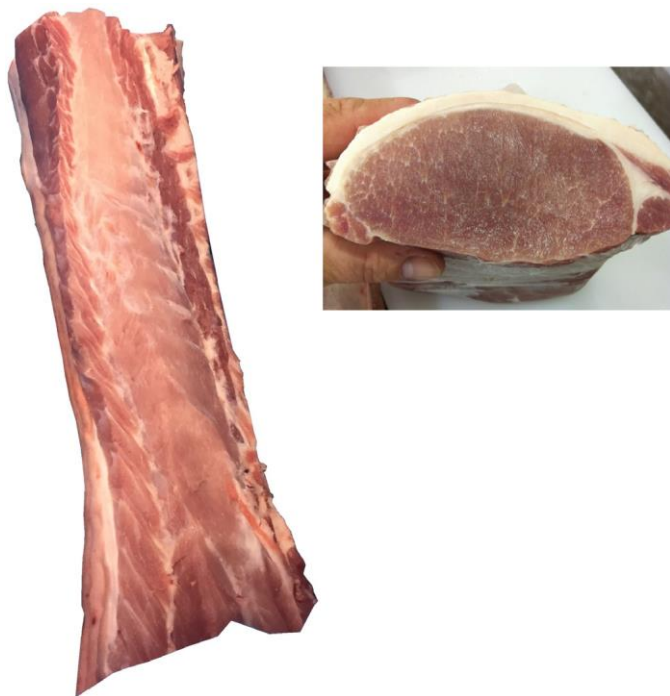
Как правило, свинина измеряется при использовании источников света C или D65, хотя в некоторых случаях может использоваться источник света A. Источник света C представляет собой средний дневной свет, исключая ультрафиолетовую область длин волн. Источник света D65 представляет собой средний дневной свет, но включает ультрафиолетовую область длин волн. Источник света A представляет собой свет лампы накаливания.

Угол наблюдателя - это компонент инструментального измерения цвета, который в основном стандартизирует поле зрения человека. Углы наблюдателя  $2^\circ$  или  $10^\circ$  используются с углом наблюдателя  $10^\circ$ , обеспечивая большее поле зрения.

Размер измерительной апертуры - последний компонент измерения цвета, который необходимо рассмотреть. Размер апертуры - это диаметр измеряемой круговой области. Чаще всего используются апертуры 8 мм и 40 мм.

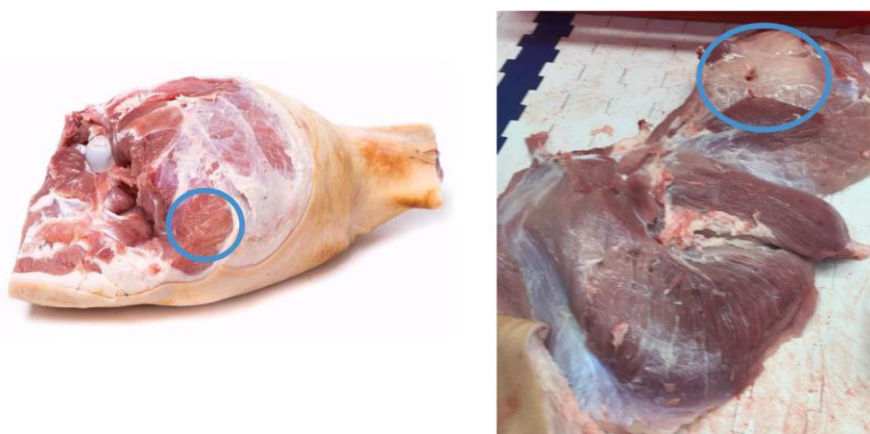
Хотя инструментально цвет может быть измерен в любом месте туши, большинство измерений проводится на корейке и/или окороке. На корейке измерение можно проводить либо на поперечном сечении мышцы корейки, либо на поверхности ребер корейки (Рисунок 3.6).

**Рисунок 3.6 Места измерений цвета на корейке**



У окорока обычно измеряют внутреннюю полуперепончатую мышцу, или "внутреннюю часть" (Рисунок 3.7), но могут измерять и среднюю ягодичную мышцу на срезе окорока. Часто измеряется внутренняя мышца бескостного окорока, где постная часть отделена от кости, так как в этом месте может быть более бледный цвет из-за плохого охлаждения (рис. 3.7).

**Рисунок 3.7 Места измерения цвета для окорока (полуперепончатая мышца и внутренняя часть)**





При проведении измерений важно убедиться в том, что показания цвета относятся к постной ткани, а не к жировой. Высокий уровень мраморности может привести к менее желательным показаниям, поскольку трудно избежать влияния жировой ткани на измерение цвета.

Для объективного измерения цвета наиболее часто используются такие приборы, как колориметр Minolta CR-400 (или CR-410) и Hunter Lab Miniscan. Эти приборы обычно стоят от 5 000 до 10 000 долларов США (по состоянию на 2021 год). В настоящее время тестируется множество новых, менее дорогих вариантов, которые позволят более широко использовать объективное измерение цвета мяса. Устройства Color Muse и Nix, измеряющие цвет, можно приобрести за несколько сотен долларов, но они имеют некоторые ограничения по цветовому пространству, освещенности и/или углу зрения наблюдателя. Кроме того, для их использования обычно требуется смартфон или планшетный компьютер. Хотя эти устройства дешевле, необходима дальнейшая оценка, чтобы определить, обладают ли они точностью, необходимой для коммерческого применения.

### Субъективные измерения

Субъективное измерение цвета основано на наборе стандартов и требует от оценщиков сравнения образца со стандартами для определения цвета. Два наиболее часто используемых стандарта - это японские цветовые стандарты и цветовые стандарты Национального совета по свинине (США).

Японская система оценки цвета используется в основном в коммерческих условиях на предприятиях, экспортирующих свинину в Японию (рис. 3.8). Оценка производится по шкале от 1 (бледный цвет) до 6 (темный цвет) с шагом в 1 единицу. Если цвет находится между стандартами, выставляется половинная оценка. Японские цветовые стандарты можно приобрести онлайн на сайте ([http://hamukumi.lin.gr.jp/color\\_standard.html](http://hamukumi.lin.gr.jp/color_standard.html)) (Примечание: их может быть трудно купить, если у вас нет представителя в Японии для содействия покупке).

Национальный совет по свинине США (НСС) разработал стандарты качества свинины (рис. 3.8), которые содержат цветовые стандарты. Их можно приобрести онлайн на сайте (<http://egashops.directedje.com/PorkStoreProducer/product-details.asp?ID=92&CID=39&P=1>). Стандарты NPВ похожи на японские цветовые стандарты, поскольку они оценивают мясо по шкале от 1 (бледный цвет) до 6 (темный цвет). Однако эти оценки не являются взаимозаменяемыми, и стандарты цвета НСС используются в основном в научных кругах.

### Рисунок 3.8 Методы субъективной оценки цвета



### Цветовые стандарты Национального совета по свинине



Субъективные стандарты оценки цвета обычно используются для оценки цвета корейки, но могут быть использованы и для оценки цвета постных частей других премиальных отрубов. Как и при объективном измерении цвета, измерение цвета корейки может проводиться либо на поперечном сечении мышцы корейки, либо на поверхности ребер корейки. При проведении субъективной оценки цвета очень важно проводить оценку в хорошо освещенном месте, так как это влияет на восприятие цвета. Кроме того, наличие группы из двух человек может повысить точность субъективной оценки цвета. Оценки обученных людей должны быть в пределах ½ единицы друг от друга.

После разделки продукт проходит период созревания, когда кислород взаимодействует с открытой мышечной тканью и вызывает изменение цвета. Важно либо иметь постоянное время созревания перед проведением измерений, либо дождаться окончания периода созревания.

Большинство исследований показывают, что созревание не влияет на значения  $L^*$ , но на значения  $a^*$  и  $b^*$  созревание может влиять вплоть до 10-18 минут после разделки. Помните, что при объективной или субъективной оценке цвета необходимо учитывать внутримышечный жир. Цель состоит в том, чтобы оценивать только постную ткань.

### 3.1.2.3 Измерение влагоудерживающей способности

Влагоудерживающая способность отражает способность мяса удерживать жидкость. С коммерческой точки зрения влагоудерживающая способность обычно измеряется как влагопотеря или влаговыделение из мяса при отсутствии каких-либо внешних сил, кроме силы тяжести. Влагопотеря обычно измеряется как количество жидкости, потерянной из розничного куска (т.е. стейка), а влаговыделение - как количество жидкости, потерянной из упакованного в вакууме премиального отруба (т.е. целой бескостной корейки).

В базовом протоколе для измерения влагопотери/влаговыделения образец взвешивается, хранится в коммерческих условиях в течение заранее определенного периода времени, а затем повторно взвешивается для определения потери веса. Затем потеря веса выражается в процентах от первоначального веса: % влагопотери =  $[(\text{первоначальный вес} - \text{конечный вес}) / \text{первоначальный вес}] \times 100$ .

Влагопотеря может быть измерена различными способами, но для обеспечения точности важно следовать некоторым основным рекомендациям. Во-первых, образцы должны иметь одинаковые размеры, так как площадь поверхности влияет на количество потерянной жидкости. Этого можно добиться, либо разрезав образцы на кубики толщиной 25 мм (1 дюйм) из куска мяса, либо отрезав кусок толщиной 25 мм (1 дюйм), а затем вырезать из центра медальоны диаметром 25 мм (1 дюйм) с помощью устройства для отбора керна.

При вырезании медальонов важно не использовать концевые части исходного куска, так как потеря жидкости начинается после обнажения поверхности. Чтобы преодолеть эту проблему, отрежьте кусок толщиной 25 мм (1 дюйм) с конца. А следующий кусок толщиной 25 мм (1 дюйм) используйте для получения образца для определения влагопотери.

Все образцы должны быть тщательно обрезаны от наружного жира и соединительных тканей. Закройте образец так, чтобы он не подвергался воздействию внешней среды. Подвесьте образец таким образом, чтобы жидкость могла отделиться от образца. Этого можно добиться различными способами. Два наиболее распространенных метода включают метод "рыболовного крючка" или метод капельной трубки EZ (рис. 3.9).

**Рисунок 3.9** Капельная трубка EZ и устройство для отбора керна



При использовании метода рыболовного крючка прикрепите образец к подвешенному рыболовному крючку или аналогичному устройству. Затем оберните образец пластиковым пакетом. Следите за тем, чтобы пластиковый пакет не касался образца.

В методе Датского института мясных исследований (EZ) с применением капельной трубки (<https://www.dti.dk/specialists/ez-driploss-equipment/35497>) используется трубка, с помощью которой образец располагается над дренажным каналом, позволяя жидкости отделиться от образца.

Образец должен храниться в холодильной камере (от 1 до 5°C или от 34 до 41°F) в течение заранее определенного времени (обычно 24 или 48 часов). Последовательный период хранения и температура очень важны, так как влагопотеря увеличивается нелинейно с увеличением времени и температуры.

Наконец, используйте весы, которые могут точно определить влагопотерю. Для размеров образца, описанных выше, вес образца обычно составляет от 10 до 20 г. Поэтому наиболее подходящими будут весы, измеряющие с точностью до миллиграмма.

Влаговыведение можно измерить на любом премиальном или субпремиальном куске, упакованном в вакуум, хотя, обычно ее измеряют на бескостной корейке. Влаговыведение представляет собой потерю жидкости с момента упаковки корейки на перерабатывающем предприятии до момента ее вскрытия для нарезки на куски или вскрытия потребителем. Поскольку этот процесс охватывает более длительный период времени, влаговыведение обычно измеряется за период не менее 7 дней. Измерение может продолжаться до 28 дней для моделирования свежих продуктов, экспортируемых в Азию. Как и в случае с влагопотерей, образцы должны храниться в холодильнике в условиях, которые представляют собой нормальные процессы, происходящие с продуктом в коммерческих условиях.

Чтобы измерить влаговыведение, взвесьте корейку перед упаковкой (или вычтите вес пакета, если он известен). По истечении установленного срока хранения извлеките корейку из пакета. Слегка промокните мясо бумажным полотенцем, чтобы удалить излишки поверхностной жидкости, а затем снова взвесьте мясо. При типичном весе корейки для получения точных измерений необходимы весы с общей грузоподъемностью 10 кг (измерение с точностью до грамма).

#### **3.1.2.4 Измерение твердости мяса**

НСС определил стандарты для оценки твердости свинины. Эта система оценки обычно применяется к поверхности стейка и использует 3-балльную систему оценки:

- 1 = Мягкий; поверхность среза кажется мягкой, выглядит искаженной и не держит форму.
- 2 = Твердый; поверхность среза имеет очень незначительные искажения и держит форму.
- 3 = Очень твердый; поверхность среза очень гладкая, без искажений.

Эта система хорошо работает при оценке твердости стейков в исследовательских целях или для контроля качества. Однако в коммерческих условиях часто трудно оценивать стейки по этой системе, поскольку это снизит ценность всей корейки.

Поэтому метод НСС был модифицирован в 5-балльную систему для коммерческой оценки цельной бескостной корейки. Этот метод оценки очень похож на метод НСС, но некоторые из этих методов оценки цельной корейки предусматривают 5-балльную систему оценки, а не 3-балльную.

**Рисунок 3.10 Измерение твердости**



Филейная часть корейки оценивается по системе НСС, но большее внимание уделяется тому, насколько хорошо вся корейка держит форму, а также тому, насколько легко корейка сгибается (рис. 3.10), чтобы определить общую оценку твердости.

Эта 5-балльная система оценки состоит из следующих уровней оценки твердости:

1 = Очень мягкая; корейка сгибается практически без усилий, и корейка не держит свою форму.

2 = Мягкая; корейка сгибается с легкостью и слабо держит форму.

3 = Твердая; Корейка сгибается с небольшим усилием и держит форму.

4 = Умеренно твердая; Корейка сгибается с умеренным усилием и не полностью сгибается пополам. Она плотная и хорошо держит форму.

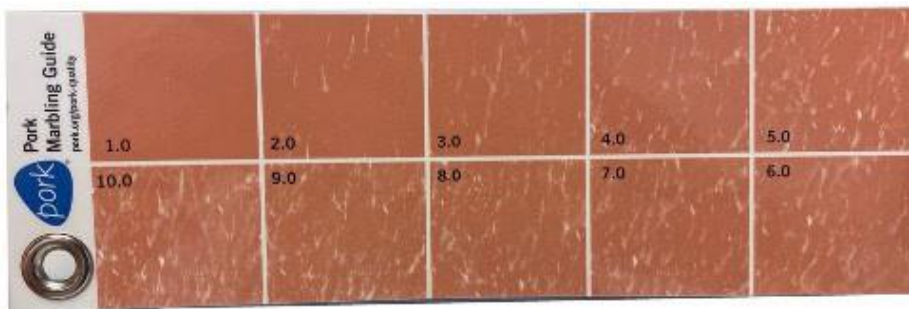
5 = Очень твердая; Корейка сопротивляется складыванию и не полностью сгибается пополам. Она очень "тугая" на ощупь и хорошо держит форму

### 3.1.2.5 Измерение мраморности/ВМЖ

Термины "мраморность" и "внутримышечный жир" (ВМЖ) часто используются как взаимозаменяемые. Для целей настоящего документа мраморность измеряется субъективно с использованием набора стандартов, а ВМЖ - объективно с использованием химических или механических средств. Измерение ВМЖ является более дорогостоящим, поскольку оно разрушает конечный продукт, а химический анализ влечет за собой дополнительные расходы. Измерение ВМЖ также требует больше времени, поскольку образец должен быть отобран, правильно подготовлен и проанализирован.

Национальный совет по свиноводству США (НСС) разработал стандарты мраморности (рис. 3.11) (<https://egashops.directedje.com/PorkStoreProducer/product-details.asp?ID=92&CID=39&P=1>). Эти стандарты варьируются от 1 (мраморность практически отсутствует) до 10 (высокая степень мраморности). Каждая из этих оценок в рамках стандартов приблизительно эквивалентна проценту ВМЖ (т.е. оценка мраморности в 3 балла равна 3% ВМЖ).

**Рисунок 3.11 Стандарты мраморности Национального совета по свиноводству**



Как правило, мраморность измеряется на корейке, но в некоторых регионах мира мраморность измеряется и на окороке. При измерении мраморности корейки в идеальных условиях показатель мраморности определяется по поверхности отруба. Однако в большинстве коммерческих ситуаций показатель мраморности определяется по реберной (вентральной) поверхности корейки, поскольку поверхность отруба не обнажается, если только корейка не отрезается по центру. Несмотря на то, что субъективная оценка цвета требует хорошего освещения, иногда необходимо затенять оцениваемую область, для лучшего контраста между цветом жира и постного мяса.

Внутримышечный жир традиционно измеряется с помощью методов мокрой химии в коммерческих и университетских лабораториях. В последние годы для измерения ВМЖ все чаще используется технология ближнего инфракрасного излучения (БИК). Методы БИК с использованием свиного фарша, в отличие от цельных мясных продуктов, обычно имеют более высокую точность, но требуют больше времени.

Обратите внимание, что эти методы определяют процентное содержание липидов в мясном продукте, а не фактическое содержание ВМЖ. ВМЖ состоит из липидов, белков и воды. Поэтому результаты химических и БИК-методов определения ВМЖ обычно ниже, чем субъективные показатели мраморности, если только содержание белка и воды не учитывается после определения процентного содержания липидов.

Размер выборки зависит от используемых химических или БИК-методов. Обычно они определяются лабораторией, проводящей анализ. При отборе образцов важно удалить из образца межмышечный или подкожный жир, поскольку он искусственно завышает концентрацию ВМЖ.

### 3.1.2.6 Измерение температуры

Температура является одним из самых простых параметров - ее можно измерить в любом месте туши. Поскольку скорость снижения температуры может оказывать прямое влияние на качество мяса, важно измерять температуру в тех частях туши, на которые может повлиять плохое снижение температуры. К таким областям относятся глубокая лопаточная часть, окорок и корейка.

Проводите измерения температуры в стандартные моменты времени после убоя с помощью обычного мясного термометра. Измерения температуры можно также проводить через определенные промежутки времени в течение всего процесса охлаждения с помощью температурных регистраторов.

При измерении в определенных временных точках подходит стандартный мясной термометр со щупом длиной не менее 100 мм (4 дюйма) и способный измерять температуру с точностью до 0,1°C (0,2°F). При измерении кривых снижения температуры регистраторы данных должны быть водонепроницаемыми, чтобы выдерживать условия во время процесса охлаждения и измерять температуру с интервалом в 5 минут. И термометр для мяса, и регистраторы данных должны использовать зонд длиной не менее 100 мм (4 дюйма), способный измерять температуру с точностью до 0,1°C (0,2°F).

В идеале регистратор данных должен иметь несколько портов данных, чтобы можно было измерять кривые снижения температуры в нескольких первичных точках, а также измерять температуру окружающей среды в период охлаждения. Компания ONSET производит 4-канальный аналоговый регистратор данных Novo MX1105 (<https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/mx1105>), который может иметь до 4 датчиков. В состав датчиков входят датчик окружающей среды (SD-TEMP-01) и температурный зонд (SD-TEMP-SS-06), которые хорошо подходят для измерения динамики снижения температуры. Блок регистратора данных можно поместить в сухой пакет для защиты от воды в процессе получения данных о динамике снижения температуры.



### 3.1.2.7 Измерение нежности и органолептических показателей мяса

Золотым стандартом объективной оценки пищевых качеств свинины является непосредственная оценка с помощью инструментального измерения нежности и органолептического анализа. Объективная оценка нежности проводится с помощью метода Уорнера-Братцлера или усилия среза, а при органолептическом анализе для оценки пищевых качеств свинины используется либо обученная, либо необученная группа экспертов.

Американская научная ассоциация мясной промышленности (AMSA) собрала подробные методики для проведения как органолептического анализа, так и объективного измерения нежности (<https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/amsa-sensory-and-tenderness-evaluation-guidelines/research-guide/2015-amsa-sensory-guidelines-1-0.pdf?sfvrsn=6>). Хотя в данном документе AMSA подробно рассматриваются эти методы, некоторые основные рекомендации остаются верными, независимо от типа сенсорной группы или анализа нежности.

Ключевым моментом является отбор образцов. В большинстве случаев для органолептического анализа и анализа нежности свинины используется корейка (длиннейшая мышца), но часто используется и полуперепончатая мышца окорока. Независимо от используемой мышцы, важно придерживаться принципа последовательности. Используйте образцы из одной и той же части мышцы.

После взятия образца храните его в нормальных условиях в холодильнике в течение 5-14 дней (период выдержки свинины) до проведения анализа. В идеале продукт должен быть свежим, а не замороженным перед приготовлением, поскольку при замораживании свинины показатели усилия среза снижаются (мясо становится более нежным). Значения усилия среза для замороженной свинины будут несопоставимы со значениями усилия среза для свежей свинины.

Нарезайте мясо на стейки стандартной толщины. Обычно используют стейки толщиной 2,54 см (1 дюйм), которые перед приготовлением охлаждаются при температуре 2-5°C (36-41°F). Поскольку конечная температура приготовления может влиять на нежность и вкусовые ощущения, внимательно следите за мясом, чтобы избежать его пере- или недожаривания. Как правило, для этого используются термпары, вставленные в геометрический центр куска мяса и контролируемые с помощью регистратора данных.

Способы приготовления могут быть различными, но часто используются грили, так как они обеспечивают равномерное приготовление с обеих сторон и являются недорогими. Другие методы включают мангалы, ленточные печи (например, печи для пиццы) и sous vide. После приготовления мяса процесс измерения нежности и органолептический анализ отличаются, поэтому будут обсуждаться отдельно.

Усилие среза по методу Уорнера-Братцлера является наиболее распространенным типом объективного анализа нежности, используемым во всем мире. Насадку для ножниц Уорнера-Братцлера (Рисунок 3.12) можно приобрести и использовать с прибором Инстрон или аналогичным типом испытательного оборудования. Машину для срезания (рис. 3.12) и насадку с лезвием, а также ножницы для срезания ломтиков, керны и другое оборудование для органолептического тестирования можно приобрести у компании Tall Grass Solutions, Inc. (<https://www.tallgrassproducts.com/home>).

В основе испытания на усилие среза лежит определение усилия (кг или Н), необходимого для того, чтобы нож Уорнера-Братцлера прорезал сердцевину диаметром 1,25 см (1/2 дюйма), перпендикулярно ориентации мышечного волокна. После приготовления охладите образцы на ночь, чтобы обеспечить последовательное вырезание сердцевины из стейков. Как минимум, перед отбором керна дайте стейкам время достичь комнатной температуры.

Перед отбором керна края стейка срезаются, чтобы помочь определить ориентацию мышечных волокон, поскольку керна должен быть взят параллельно мышечным волокнам. С помощью кернера диаметром 1,25 см (1/2

дюйма) из стейка вырезают керн. Отберите из стейка как минимум 4 керна для определения усилия среза.

После того как керны отобраны, их можно срезать с помощью ножа Уорнера-Братцлера со скоростью вращения головки  $225 \pm 25$  мм/мин. Следите за тем, чтобы срез керна делался перпендикулярно его центру. Для получения окончательного значения силы сдвига усредните показания по каждому из кернов.

Как упоминалось ранее, органолептический анализ может проводиться с привлечением обученных или необученных групп дегустаторов. Обученные дегустаторы должны точно определять различия по целому ряду признаков. Они могут выявить различия в показателях, которые могут не заметить обычные потребители. Потребительские группы позволяют определить, имеют ли различия, выявленные экспертными группами, значение для рядового потребителя.

Органолептические признаки обычно включают сочность, нежность, вкус и посторонние привкусы. Оценка обычно включает в себя некую линейную шкалу, где меньшее число менее желательно, а большее - более желательно. В некоторых потребительских группах образцы могут оцениваться по гедонистической шкале на предмет симпатии или предпочтения.

После приготовления нарежьте образцы из стейков для оценки дегустаторами. Стейки следует нарезать на куски размером 1,25 см x 1,25 см x 2,5 см (толщина отбивной) для отбора образцов. Держите образцы теплыми, пока мясо не будет представлено дегустаторам.

Каждый дегустатор обычно оценивает образцы при красном освещении, чтобы избежать любых предубеждений, связанных с цветом или степенью готовности образца. После каждого образца члены комиссии должны очистить нёбо водой и несолеными крекерами. Оценки участников усредняются для подсчета общего балла по каждому стейку.

Как и при любом тестировании, органолептическое тестирование важно проводить в стандартизированных условиях, чтобы иметь возможность проводить прямые сравнения между партиями/группами образцов или в ситуации сравнительного анализа.

## 3.2 Факторы, влияющие на качество постного мяса

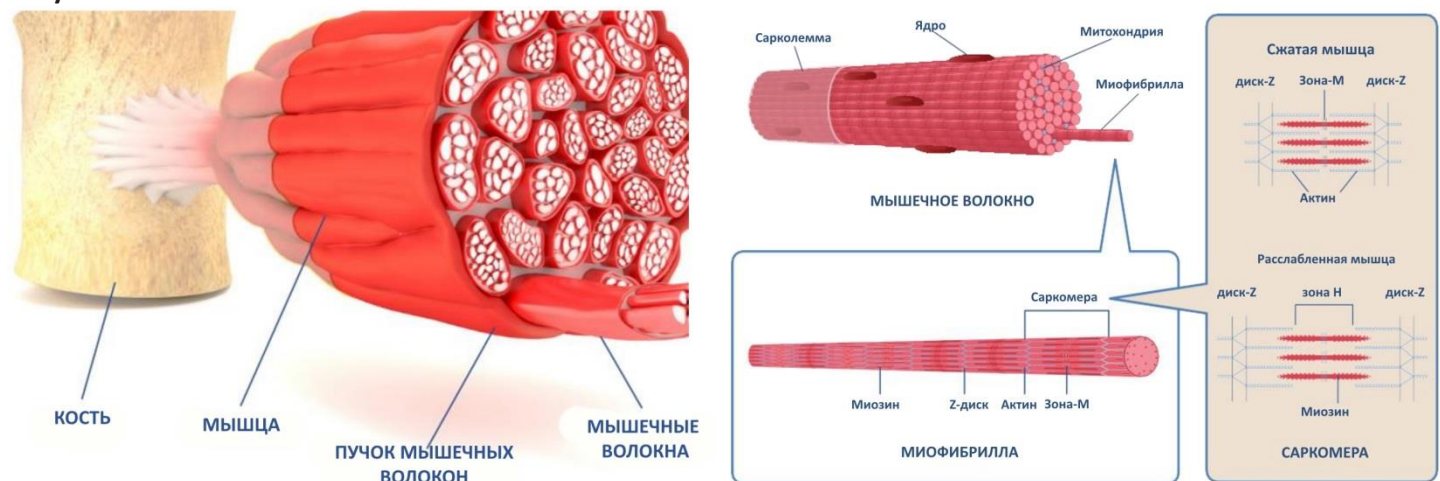
### 3.2.1 Превращение мышц в мясо

Отдельная скелетная мышца (рис. 3.13) состоит из сотен или даже тысяч мышечных клеток или волокон, объединенных вместе и покрытых соединительной тканью. Каждая мышца окружена соединительной оболочкой, называемой эпимизием. Фасция (соединительная ткань за пределами эпимизия) окружает и разделяет мышцы.

Рисунок 3.12 Аппарат и нож Уорнера-Братцлера



**Рисунок 3.13 Состав мышечной ткани**



При рассмотрении под микроскопом каждая мышечная клетка имеет отдельные участки. Они известны как саркомеры, которые формируются из актина и миозина, а также нескольких связанных с ними "вспомогательных" белков. Миозин - это белок, состоящий из множества переплетенных нитей отдельных миозиновых элементов. Головки элементов выступают над своими стержнями и притягиваются к актиновым нитям, образуя поперечные мостики, которые обеспечивают циклы сокращения и расслабления мышцы. Скелетная мышца - сложная ткань, характеризующаяся сложными физиологическими условиями. В обеспечении кислородом и энергией, регулировании pH и температуры, поддержании гомеостаза мышцы важную роль играют нервная, кровеносная, дыхательная и эндокринная системы.

Когда свинью забивают, эти системы теряют способность поддерживать гомеостаз, и живые мышцы постепенно превращаются в мясо. После убоя метаболизм продолжается в течение ограниченного времени, пока либо не истощатся энергетические субстраты и метаболиты, либо не прекратятся реакции, зависящие от температуры.

### 3.2.1.1 Энергетический обмен

Мышцы используют источник энергии под названием аденозинтрифосфат (АТФ) для работы (сократительной деятельности) и гомеостаза кальция ( $Ca^{2+}$ ).

АТФ образуется из глюкозы (или предшественников глюкозы) в аэробных (с кислородом) или анаэробных (без кислорода) условиях путем гликолиза. Производство АТФ более эффективно в аэробных условиях (38 АТФ на молекулу глюкозы), чем в анаэробных условиях (2 АТФ на молекулу глюкозы).

Анаэробный метаболизм возникает при выделении гормонов стресса (в основном адреналина и кортизола). Любой стрессовый фактор, вызывающий реакцию типа "борьба или бегство", может инициировать выделение этих гормонов, что, в свою очередь, обеспечивает животному прилив энергии для выживания путем поддержания гомеостаза.

Результатом анаэробного метаболизма являются 2 АТФ и 2 пирувата. Когда животное живо, пируват преобразуется в молочную кислоту, которая переносится из мышц в печень для обратного преобразования в глюкозу. Эта глюкоза может вернуться в мышцы для производства энергии (цикл Кори или молочной кислоты), когда ослабевает реакция "борьба или бегство".

В момент смерти/обескровливания (кровотечения) кровоснабжение мышечных клеток прекращается, что приводит к потере кислорода, питательных веществ и способности регулировать температуру. Потеря кислорода приводит к переходу к анаэробному метаболизму.



Увеличение пирувата в результате анаэробного метаболизма приводит к увеличению мышечного лактата, который снижает pH в мышцах. Скорость и степень снижения pH зависит от количества молочной кислоты, накопившейся в мышцах после убоя в результате стресса, количества энергии, запасенной в мышечных клетках для посмертного гликолиза (гликоген), и от посмертной температуры.

### 3.2.1.2 Трупное окоченение и сопутствующие явления

Трупное окоченение - это ключевая физическая характеристика превращения мышц в мясо, которое происходит при прекращении энергетического обмена. Трупное окоченение - это состояние, при котором мышцы теряют растяжимость, когда два ключевых структурных компонента сократительного аппарата скелетной мышцы (актин и миозин) становятся связанными друг с другом (актомиозиновые поперечные мостики).

Три фазы развития окоченения включают задержку, начало и завершение. Во время фазы задержки уровень АТФ относительно постоянен, а мышца мягкая, эластичная и растяжимая. Креатинфосфат (КФ) является важной частью этого процесса, поскольку он необходим для преобразования аденозиндифосфата (АДФ) в АТФ для сокращения мышц в отсутствие кислорода. Мышца будет оставаться в фазе задержки, если КФ доступен для поддержания уровня АТФ даже без кислорода.

Вскоре после истощения запасов КФ уровень АТФ начнет снижаться, что переведет развитие окоченения в фазу начала. Во время фазы начала мышцы становятся неэластичными и нерастяжимыми. Уровень АТФ снижается, обеспечивая высвобождение  $Ca^{2+}$ , что, в свою очередь, позволяет актину и миозину формировать актомиозиновые поперечные мостики. Это продолжается до момента истощения АТФ в мышце ниже 1 мкмоль/г, когда актомиозиновые перекрестные мостики становятся постоянными, так как для их разрыва требуется АТФ.

В этот момент мышца находится в заключительной фазе трупного окоченения. Актомиозиновые мостики, образующиеся во время трупного окоченения, такие же, как и во время нормального цикла сокращения и расслабления мышцы. Однако при нормальном сокращении мышцы используется только около 20% возможных центров связывания, в то время как на стадии трупного окоченения используются практически все центры связывания.

Наступление трупного окоченения у свиней обычно происходит между 15 минутами и 3 часами после убоя, при этом окоченение в большинстве мышц наступает к 10 часам после убоя. Поскольку развитие окоченения включает в себя некоторое сокращение мышц (трупное укорочение), оно непосредственно влияет на нежность мяса.

Могут иметь место следующие явления, связанные с трупным окоченением:

#### Холодное укорочение мышц:

Холодное укорочение может произойти, когда мышца охлаждается до температуры  $< 7^{\circ}C$  ( $< 45^{\circ}F$ ) до полного окоченения, а pH мышцы выше 6,30. Поскольку окоченение не завершено, АТФ доступен, что обычно регулирует доступ  $Ca^{2+}$  к миофибриллам для сокращения и расслабления. Однако в этих холодных условиях  $Ca^{2+}$  становится нерегулируемым из-за избытка  $Ca^{2+}$ , что вместе с остаточным АТФ приводит к сильному сокращению, которое укорачивает мышцу. В этом процессе актомиозиновые поперечные мостики образуются постоянно, поскольку АТФ расходуется и истощается для сокращения мышцы.

Холодное укорочение обычно не является проблемой для свинины из-за быстрого снижения pH после убоя. Трупное окоченение обычно наступает, когда pH становится меньше 6,00 и до того, как может быть достигнута низкая температура мышечной ткани. Исключением может быть свинина, прошедшая обвалку сразу после убоя, что позволяет быстрее охладить мышечную ткань.

В говядине и баранине используется электростимуляция для быстрого снижения pH мышц с целью повышения их нежности. Однако электростимуляцию никогда не следует применять в свинине, поскольку повышенная



выработка молочной кислоты ускорит снижение pH и ухудшит качество мяса.

#### Окоченение при разморозке:

Окоченение при разморозке возникает, когда мышечная ткань до трупного окоченения разрезается и замораживается. После размораживания этих нерастянутых мышц остатки АТФ и Ca<sup>2+</sup> вызывают сокращение и укорочение мышцы до 60% (говядина, баранина). Это сокращение приводит к большой потере влаги и сильному укорочению мышцы.

Как и в случае с холодным укорочением, окоченение при размораживании редко встречается в свинине, поскольку окоченение обычно завершается до того, как мышцы отделяются от туши и замораживаются. Если оно и происходит в свинине, то степень укорочения намного меньше 60%, так как скелетная структура обычно удерживает мышцы.

### **3.2.1.3 Типы мышечных волокон**

Мышцы состоят из волокон типа I (красные/окислительные), типа II (смешанные, окислительно-гликолитические IIa и IIx) и типа IIb (белые/гликолитические). Основные характеристики этих типов волокон приведены в таблице 3.1.

**Таблица 3.1 Характеристики типов мышечных волокон**

Характеристика	тип I	тип IIb	тип IIa
Цвет	Красный	Белый	Промежуточный
Обмен веществ	Аэробный	Анаэробный	Аэробный и анаэробный
Уровень жирных кислот	Высокий	Низкий	Промежуточный
Содержание гликогена	Низкое	Высокое	Промежуточный
Скорость сокращения	Медленная	Быстрая	Быстрая
Содержание миоглобина	Высокое	Низкое	Промежуточное

\* По материалам Лонгеран и др., 2019

Мышцы обычно состоят из всех трех типов волокон, но соотношение этих волокон зависит от вида животного, генетики или отдельной мышцы. У свиней мышцы, используемые для непрерывной работы, такие как двигательная активность или работа диафрагмы, как правило, имеют более высокую долю волокон типа I. Эти мышцы имеют более темный красный цвет. В качестве примера можно привести мышцу *spinalis dorsi* в области лопатки и четырехглавую мышцу окорока. Поясничная мышца и некоторые мышцы окорока будут иметь более высокую долю волокон типа II.

Мышцы с более высокой долей волокон типа IIb в большей степени подвержены риску потери качества. Это связано с возможностью усиления анаэробного метаболизма, что приводит к повышению уровня молочной кислоты. Это снижает pH мышц при внутренней температуре более 30°C (90°F), что становится причиной их более бледного цвета и сниженной влагоудерживающей способности.

### 3.2.2 Формирование качества мяса

#### 3.2.2.1 Влагоудерживающая способность

Влагоудерживающая способность - это способность мяса удерживать воду. Этот показатель важен как для качества свежего, так и прошедшего обработку мяса свинины. В целом, свежие продукты с низкой влагоудерживающей способностью обладают более низкими пищевыми качествами. Обработанные продукты с низкой влагоудерживающей способностью имеют более низкую ценность из-за неспособности поглощать воду, которая является основным компонентом рассольных растворов в этих продуктах.

К трем основным эффектам, определяющим влагоудерживающую способность мяса, относятся: 1) эффект чистого заряда, 2) стерический эффект и 3) эффект протеолиза. Эффект чистого заряда напрямую связан с pH мышц. По мере приближения pH к изоэлектрической точке ( $\approx 5,2$ ) водоудерживающая способность уменьшается, причем самая низкая водоудерживающая способность наблюдается в изоэлектрической точке. На эффект чистого заряда приходится только около 5% воды в мышечной клетке.

Стерический эффект связан с капиллярными силами, которые удерживают воду внутри миофибрилл. Это связано с расстоянием между тонкими и толстыми филаментами (длина саркомера; рис. 3.13) внутри миофибрилл. Большее расстояние между филаментами свидетельствует о большей влагоудерживающей способности. Факторы, влияющие на расстояние между филаментами, включают pH, ионную силу и степень окоченения мышцы. При увеличении pH и ионной силы расстояние между филаментами увеличивается.

Эффект протеолиза связан с денатурацией белка, которая происходит во время превращения мышц в мясо. Более высокий уровень денатурации белка приводит к снижению влагоудерживающей способности. Денатурация белка связана с уровнем pH и скоростью его снижения. Более низкие и более быстрые темпы снижения pH связаны с большей денатурацией белка и более низкой влагоудерживающей способностью. Денатурация белка также зависит от температуры мышц: при снижении температуры мышц денатурация происходит в меньшей степени.

#### 3.2.2.2 Цвет

Цвет свежей свинины в первую очередь зависит от содержания миоглобина. Два других фактора также влияют на цвет, а именно цитохромы (которые отвечают за хранение кислорода в мышцах) и развитие трупного окоченения.

Более высокая концентрация миоглобина наблюдается там, где происходит окислительный (аэробный) метаболизм. Мышечные волокна типа I являются более окислительными по своей природе, поэтому в них выше концентрация миоглобина и они имеют более красный цвет.

Цвет мяса варьируется, отчасти, из-за различных типов мышечных волокон. Эти различия проявляются между разными мышцами с разными функциями. Кроме того, у разных видов животных мышцы могут использоваться по-



разному. Различия могут также возникать внутри породы/линии одного вида.

У старых животных уровень миоглобина выше, чем у молодых. Однако цвет мяса не является абсолютно точным показателем содержания миоглобина. Как уже говорилось о влагоудерживающей способности, денатурация белка происходит в мышцах при высокой температуре и низком pH. Эта денатурация также влияет на миоглобин (металлопротеин), при этом денатурация изменяет растворимость миоглобина. Как только растворимость миоглобина изменяется, его влияние на красный цвет мяса теряется.

Денатурация белков в мышечной ткани изменяет цвет, влияя на отражение света. Если pH остается высоким (медленное снижение pH), происходит незначительная денатурация, в результате чего отражается более темный цветовой спектр. В условиях низкого pH (быстрое снижение pH), однако, происходит больше денатурации, и цвет кажется светлее, из-за отражения более светлых цветовых спектров.

Кроме того, окислительное состояние гемового железа (Fe), связанного с миоглобином, может влиять на цвет. Когда гемовое железо находится в железистом состоянии ( $Fe^{2+}$ ), миоглобин может находиться в форме оксимиоглобина (с кислородом) или дезоксимиоглобина (без кислорода). Оксимиоглобин имеет ярко-красный цвет, а дезоксимиоглобин - темный красновато-фиолетовый цвет. Эти две формы отвечают за окрашивание мышцы после ее перерезания.

До разрезания миоглобин находится в основном в форме дезоксимиоглобина. После разрезания мышцы дезоксимиоглобин преобразуется в оксимиоглобин, и цвет меняется на более яркий красный из-за присутствия кислорода. В итоге  $Fe^{2+}$  окисляется до железистого состояния железа ( $Fe^{3+}$ ), в результате чего образуется метмиоглобин и цвет становится сероватым или серо-коричневым.

Образование метмиоглобина имеет практическое значение, поскольку влияет на то, как потребители воспринимают продукт на витрине. После появления серого/коричневого цвета потребители считают продукт менее привлекательным из-за ассоциации с "залежавшимся" или "просроченным" продуктом.

### 3.2.2.3 Нежность мяса

Нежность - это ключевой признак качества, связанный с общим пищевым качеством. На нежность могут влиять физические свойства мяса и температура приготовления.

Физические свойства мяса включают длину саркомеров, фрагментацию миофибрилл, количество соединительной ткани и мраморность. Химические свойства, такие как pH, также играют важную роль, влияя на длину саркомер и фрагментацию миофибрилл.

Длина саркомеры важна, поскольку она связана со степенью трупного укорочения. Холодное укорочение оказывает крайне негативное влияние на нежность из-за очень короткой длины саркомеров. Как правило, в нормальных условиях (не при холодном укорочении) происходит некоторый уровень трупного укорочения. Это будет влиять на длину саркомеров и нежность мяса.

Фрагментация миофибрилл важна для получения нежности, поскольку она вызывает специфическое структурное повреждение белка в мышце после окоченения, что улучшает нежность. Небольшое, постоянное увеличение фрагментации миофибрилл приводит к постепенному улучшению нежности мяса. Протеазы кальпаина (ферменты, расщепляющие белок) в основном ответственны за фрагментацию миофибрилл. Активность кальпаина зависит от присутствия  $Ca^{2+}$ . Кальпаистатин ингибирует эту активность.

На активность кальпаина могут влиять различные факторы окружающей среды, включая pH, температуру и окисление. Оптимальная активность кальпаина наблюдается при pH 7,0 и снижается по мере уменьшения pH. Обширные исследования в области изучения мяса показывают, что быстрое снижение pH может полностью

остановить активацию кальпаина, в результате чего белки миофибрилл не разрушаются. При снижении температуры мяса активность кальпаина также снижается, хотя некоторая активность кальпаина сохраняется при температуре охлажденного мяса (4°C или 39°F).

Время, в течение которого происходит разрушение белков миофибрилл, называют периодом созревания. Желательный период созревания для свинины составляет от 5 до 14 дней, при этом наиболее значительное улучшение нежности происходит между 7 и 10 днями созревания.

По мере увеличения уровня соединительной ткани (в первую очередь коллагена) в мышцах нежность уменьшается. Уровень коллагена может варьироваться в зависимости от типа мышц и их физиологического назначения. Мышцы, которые используются для передвижения, имеют более высокий уровень коллагена и менее нежные. С возрастом животных количество поперечных связей коллагена увеличивается, что приводит к уменьшению нежности.

Тщательный анализ литературы, касающейся мраморности (внутримышечного жира; IMF) и нежности свинины, дает противоречивые выводы о том, что мраморность в лучшем случае оказывает умеренное влияние на нежность свинины. Повышение нежности за счет мраморности оказывается значительно менее выраженным, чем влияние уровня pH мышц и скорости послеубойного снижения pH на нежность.

Методы приготовления оказывают большое влияние на нежность свинины. Степень готовности, или внутренняя температура приготовления, влияют на оценку нежности при дегустации, причем более высокая внутренняя температура приводит к менее нежной свинине. Министерство сельского хозяйства США (USDA) рекомендует готовить свинину до внутренней температуры 63°C (145°F) с 3-минутным перерывом для оптимизации нежности и обеспечения микробиологической безопасности. Хотя внутренняя температура очень важна, тип отруба, скорость приготовления и/или способ приготовления (например, гриль, бройлер или sous vide) могут внести свой вклад в итоговую степень нежности свинины.

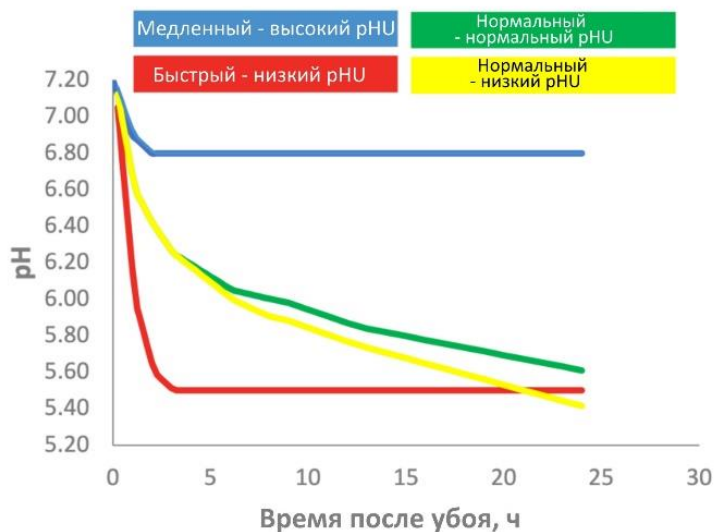
### **3.2.3 Факторы, влияющие на снижение pH и качество мяса**

Как значение pH в период 24-48 часов после убоя (pHu), так и скорость снижения pH после убоя ( $\Delta$ pH) играют важную роль в формировании качества мяса с точки зрения влагоудерживающей способности, цвета и нежности свинины. Общеизвестными являются четыре классические скорости снижения pH (рис. 3.14), а именно:

1. Быстрое снижение pH с низким рН<sub>и</sub> (рН<sub>и</sub> = 5,40-5,60), в результате чего получается свинина PSE (бледная, мягкая и эксудативная).
2. Нормальное снижение pH с низким рН<sub>и</sub> (рН<sub>и</sub> = 5,30 - 5,50), в результате чего получается либо RSE (красная, мягкая и эксудативная), либо PSE свинина.
3. Нормальное снижение pH при нормальном рН<sub>и</sub> (рН<sub>и</sub> = 5,60 - 5,80), в результате чего получается свинина RFN (красная, твердая и неэксудативная) или RSE.
4. Медленное снижение pH и высокое рН<sub>и</sub> (рН<sub>и</sub> = 6,50 - 6,80), в результате чего получается свинина DFD (темная, твердая и сухая).

К основным факторам, определяющим скорость и степень снижения pH, относятся генетика свиней, уровень гликогена в мышцах, уровень стресса перед убоем и скорость охлаждения туши. Другие факторы, такие как оглушение и обескровливание, также могут влиять на качество мяса.

Рисунок 3.14 С снижение pH после убоя



### 3.2.3.1 Влияние генетики на pH

Программы генетической селекции могут улучшить генетический потенциал для получения более высокого pH. Вероятно, дифференциация типов мышечных волокон и/или восприимчивость к стрессу изменяются в результате генетической селекции на pH. В отношении pH исторически отмечается зависимость от породы. Однако при современных программах селекции, направленных на улучшение других признаков, эти исторические породные различия могут быть не столь очевидны для всех линий внутри конкретной породы свиней. Послеубойное изменение pH мышц, и особенно итоговое значение pH мяса, являются наиболее критическими факторами, влияющими на качество мяса. Поэтому здесь дается краткое описание генетики уровня pH мышц с акцентом на известные основные эффекты генов.

Применение технологий молекулярной генетики для улучшения свиней началось в 1991 году с обнаружения точечной мутации, ответственной за стрессовый синдром свиней (PSS). Это привело к открытию и последующему коммерческому использованию ДНК-теста (HAL- 1843™; торговая марка The Innovations Foundation, Торонто, Канада; Фуджи и др., 1991). Галотановый ген или ген стресса был наиболее изученным основным геном, влияющим на качество мяса. До обнаружения причинной мутации галотановый тест позволял селекционерам различать только свиней без мутации (т.е. гомозиготных нормальных, или NN) и свиней с двумя мутировавшими копиями (т.е. гомозиготных реакторов, или pp). Тест не смог идентифицировать те популяции свиней, которые были носителями стресс-гена (гетерозиготные, или Np). За PSS (также за синдром злокачественной гипертермии, MHS) отвечает одноточечная мутация в гене рецептора рианодинового канала высвобождения кальция (RyR1) в рецессивном состоянии. Этот ген также приводит к появлению или тесно связан с геном(ами), участвующим(и) в формировании мышечной ткани и уровня постности.

При воздействии стрессовых условий окружающей среды непосредственно перед убоем у мяса свиней, гомозиготных по этой мутации, после убоя может развиваться бледное, мягкое, экссудативное (PSE) состояние. Стресс, воздействующий на свинью, вызывает усиление гликолиза в мышцах, что приводит к быстрому распаду гликогена и выработке молочной кислоты. После убоя быстрое увеличение количества молочной кислоты приводит к быстрому снижению pH, в то время как температура мышц остается высокой (38°C/100°F). Это приводит к чрезмерной денатурации мышечных белков, что приводит к очень бледному цвету свинины с плохой влагоудерживающей способностью. Поскольку эти процессы происходят очень быстро, АТФ быстро истощается, что позволяет трупному окоченению в некоторых случаях наступить в течение 40 минут или менее. Ген стресса был удален из всех линий PIC в начале 2000-х годов, однако в некоторых регионах мира до сих пор используются линии Pietrain с положительным геном стресса, полученные от других генетических организаций.

Другим важным геном, влияющим на качество мяса, который выделяется преимущественно в породе Хэмпшир, является ген RN- (Rendement Napole). Этот доминантный ген в первую очередь увеличивает содержание гликогена в волокнах IIB и мышцах, что приводит к высокому гликолитическому потенциалу мышц. Большие запасы гликогена позволяют гликолизу после убоя протекать дольше, увеличивая выработку молочной кислоты и снижая pH больше, чем можно было бы ожидать у нормальных свиней. RSE обычно формируется, когда это явление связано с нормальной скоростью снижения pH. Однако PSE свинины может возникнуть, если скорость снижения pH увеличивается из-за стресса.

Ген RN- связывают с улучшением нежности свинины. Скорее всего, это вызвано низким уровнем pH, приводящим к чрезмерной денатурации белка (кислотной тендеризации). Однако чрезмерная денатурация белка нарушает влагоудерживающую способность, что снижает ценность свинины для использования в продуктах дальнейшей переработки. Негативные экономические последствия снижения влагоудерживающей способности побудили PIC и большинство других генетических компаний удалить эту генную мутацию из соответствующих популяций породе Гемпшир в 2000-х годах.

Помимо этих двух генетических мутаций, программы генетической селекции могут эффективно использоваться для улучшения генетического потенциала с целью повышения pH. Вероятно, дифференциация типов мышечных волокон и/или восприимчивость к стрессу изменяются в результате генетической селекции на pH. В отношении pH исторически отмечается зависимость от породы животных. Однако при современных программах селекции, направленных на улучшение других признаков, эти исторические породные различия могут быть не столь очевидны для всех линий внутри конкретной породы свиней.

### **3.2.3.2 Влияние уровня гликогена на pH**

Поскольку гликоген является основным топливом для гликолиза в аэробных условиях, при которых образуется молочная кислота, количество гликогена, накопленного в мышечных клетках, может влиять на степень снижения pH. Одним из лучших методов снижения уровня гликогена является голодная выдержка и контроль стресса перед убоем.

Голодная выдержка в течение 24 часов перед убоем может снизить уровень гликогена на 20-50%. Мышцы с более высоким окислительным потенциалом (больше красных мышечных волокон) потеряют больший процент запасов гликогена, но они изначально имеют меньше запасов гликогена. Уровень pH мяса выше, когда свиньи подвергаются отказу от корма из-за сокращения запасов гликогена.

Послеубойный стресс также может снизить уровень запасов гликогена за счет анаэробного гликолиза. Однако для того, чтобы уменьшение запасов гликогена привело к снижению pH, свиньям должно быть предоставлено достаточно времени для удаления избытка молочной кислоты из мышц до обескровливания. Это должно произойти в период отказа от корма.

### **3.2.3.3 Влияние стресса перед убоем на pH**

Стресс перед убоем может оказать сильное влияние на скорость и величину снижения уровня pH. К сожалению, процессы, которые происходят с того момента, как свинья покидает ферму и до момента забоя, по своей природе связаны со стрессом.

Когда свинья испытывает стресс, происходит целый каскад выбросов гормонов и физиологических изменений. Это запускает анаэробный метаболизм, который приводит к избыточному производству молочной кислоты. Если свинья оправляется от стресса, молочная кислота выводится из мышц через кровь. Однако типичный процесс убоя может не дать достаточно времени для полного удаления молочной кислоты из мышечных клеток, что может повлиять на скорость послеубойного снижения pH.



Стресс, возникающий незадолго до процесса обескровливания или непосредственно перед ним, оказывает огромное влияние на послеубойное снижение рН. Как только происходит обескровливание, молочная кислота больше не удаляется из мышц.

В целом, стресс начинается с процесса погрузки, транспортировки и разгрузки. Хотя в некоторых случаях эти стрессовые факторы могут быть значительными, они часто не оказывают большого влияния на послеубойное снижение рН, если свиньям предоставляется достаточный отдых в стойле перед убоем. Стрессовые факторы, возникающие с момента выхода свиньи из станка предубойного содержания до того, как свинья теряет сознание в результате оглушения, оказывают гораздо большее влияние на снижение рН после убоя, чем стресс, возникающий до прибытия на бойню, поскольку у свиньи нет возможности для восстановления.

Существует множество факторов, которые могут вызвать стресс у животных, в том числе:

1. Критические изменения в условиях содержания
  - а. Чрезвычайно высокие или низкие температуры
  - б. Влажность в сочетании с жаркой погодой
  - в. Плохое качество воздуха (вентиляция)
2. Недостатки планировки помещения, влияющие на движение свиней
  - а. Чрезмерное или недостаточное освещение, или проблемы с расположением света
  - б. Чрезмерное или недостаточное пространство, влияющее на движение свиней
  - в. Проходы, требующие от свиней поворотов на угол более 90°, требующие подъема или спуска под уклон, требующие от свиней прохождения больших расстояний, имеющие переходы в напольном покрытии или не сплошные стены.
  - г. Неправильный дренаж воды, приводящий к появлению бликов или отвлекающих факторов.
  - д. Неисправное или неправильно спроектированное оборудование (например, погрузочные и разгрузочные эстакады).
3. Недостаточное пространство в зале предубойного содержания для обеспечения достаточного отдыха свиней перед убоем
4. Неправильные процедуры транспортировки
  - а. Чрезмерная плотность содержания
  - б. Отсутствие подстилки
  - в. Использование трейлеров, не способствующих бесстрессовому перемещению свиней при погрузке и выгрузке (например, прицепы с разноуровневыми полами).
5. Неправильные процедуры обращения с животными
  - а. Перемещение слишком большого количества свиней одновременно
  - б. Слишком быстрое перемещение свиней
  - в. Грубое обращение с животными, использование ненадлежащих средств перегонки животных или неправильное использование надлежащих инструментов
  - г. Неправильное взаимодействие человека и животных при стимулировании движения животных
6. Метод оглушения

Различные факторы могут прямо или косвенно вызывать стресс у животных. Например, грубое обращение с животным вызывает прямой стресс у конкретного животного. Однако если работник перемещает большую группу свиней, а группа неожиданно останавливается, возникает косвенный стресс. Поскольку размер группы слишком велик, чтобы работник мог легко переместить свинью, находящуюся впереди, чрезмерное и/или грубое обращение со свиньей (свиньями), находящейся сзади, также может иметь место в попытке переместить группу. В данном случае остановка не вызвала прямого стресса у идущей впереди свиньи, но косвенно вызвала стресс у свиньи (свиней) в задней части группы. Важно максимально уменьшить эти стрессовые факторы не только с точки зрения рН и качества мяса, но и для обеспечения благополучия животных.



### 3.2.3.4 Влияние охлаждения туши на pH

Охлаждение туши имеет решающее значение для снижения pH и, в конечном счете, качества мяса. Если значения pH падают ниже 6,0 до того, как внутренняя температура туши снижается до 35°C (95°F) или ниже, риск ухудшения качества мяса возрастает. И наоборот, если внутренняя температура туши опускается ниже 15°C (59°F) до завершения окоченения, может произойти холодное укорочение, что приведет к снижению нежности свинины.

В нормальных промышленных условиях риск холодного укорочения минимален, даже при использовании более мощных систем охлаждения. Плохое охлаждение является более распространенной проблемой. Это приводит к быстрому или длительному снижению pH и последующему снижению качества свинины.

В момент обескровливания температура мышц составляет ≈39°C (102°F). Через 24 часа после убоя температура туши должна опуститься ниже 5°C (41°F). После обескровливания мышцы теряют способность регулировать температуру, поскольку кровь имеет решающее значение для температурного гомеостаза мышц.

Первоначально температура туши немного повышается благодаря посмертному метаболическому преобразованию скелетных мышц в мясо. В экстремальных обстоятельствах температура мышц корейки может достигать 42°C (108°F), а окорока - 43°C (109°F) в период между 30 и 60 минутами после убоя.

Уровень метаболизма и температура окружающей среды в цехе переработки помогают определить степень повышения температуры после убоя. В большинстве случаев туша поступает на охлаждение примерно через 30-45 минут после убоя. К этому времени повышение температуры достигает максимума или достигает его вскоре после этого. Как только туша попадает в зону охлаждения, тип используемой системы охлаждения определяет скорость снижения температуры.

### 3.2.4 Принципы охлаждения свиных туш и его влияние на качество мяса

Охлаждение свиных туш должно производиться как можно быстрее. Понимание механизмов, лежащих в основе охлаждения, важно для обеспечения быстрого охлаждения в рамках всей свиноводческой отрасли.

Для успешного отвода тепла от туши необходимо наличие теплового градиента. Этот тепловой градиент представляет собой разницу температур между охлаждаемой тушей и температурой окружающей среды, которой она подвергается. Холодные температуры в зоне охлаждения туши приводят к возникновению теплового градиента, который снижает температуру до тех пор, пока не будет достигнуто тепловое равновесие.

Поскольку скорость снижения температуры зависит от разницы температур между тушей и окружающей средой, большие температурные градиенты приводят к более быстрому снижению температуры. Существуют два механизма отвода тепла в тушах - конвективное и кондуктивное охлаждение. Конвективное охлаждение происходит при передаче тепла средой, проходящей по поверхности туши. Две среды, используемые для охлаждения свиных туш, включают воздух и воду. Скорость конвективного охлаждения зависит от скорости воздушного потока вокруг туш. Принудительная конвекция использует вентиляторы для перемещения воздуха вокруг туш, а естественная конвекция - нет. Принудительная конвекция ускоряет теплообмен, поскольку тепло, окружающее тушу, активно удаляется и заменяется более холодным воздухом. Это поддерживает температурный градиент и поддерживает скорость охлаждения. Во многих системах охлаждения используются системы распыления воды, которые работают по тому же принципу.

При кондуктивном охлаждении теплообмен в твердом теле осуществляется за счет колебаний молекул. Они перемещают тепло в направлении градиента температуры. При охлаждении внешней части туши образуется градиент температуры с внутренними частями туши, тем самым отводя тепло от внутренних частей туши. Важно отметить, что оба этих процесса происходят одновременно. На скорость охлаждения влияет обеспечение температурного градиента.



Три основных способа охлаждения туш включают обычное охлаждение, распылительное охлаждение и шоковое охлаждение. В обычных системах охлаждения обычно используются заданные значения температуры от -1°C (30°F) до 2°C (36°F), а скорость вращения вентилятора составляет от 0 до 3 м/с (от 0 до 10 футов/с). Температура часто регулируется во время цикла охлаждения, чтобы ускорить процесс охлаждения или предотвратить чрезмерное охлаждение туши.

Охлаждение распылением предполагает распыление воды на тушу. В мире используются два основных типа систем распыления воды. В обычной системе распылительного охлаждения вода распыляется на тушу циклично в течение первых нескольких часов охлаждения, при этом условия окружающей среды остаются такими же, как и при обычном охлаждении. Система туннельного распылительного охлаждения создает мелкий водяной туман на тушах во время их перемещения по охлажденному туннелю ( $\approx 1^\circ\text{C}$  или  $34^\circ\text{F}$ ). Затем туши подвергаются обычному охлаждению. Время пребывания в распылительных туннелях может варьироваться, но обычно составляет от 3 до 6 часов.

При шоковой заморозке используются очень низкие температуры в сочетании с высокой скоростью воздуха. Системы шоковой заморозки свиных туш обычно имеют диапазон заданных температур от  $-10^\circ\text{C}$  до  $-40^\circ\text{C}$  (от  $14^\circ\text{F}$  до  $-40^\circ\text{F}$ ), скорость вращения вентилятора от 3 до 10 м/с (от 10 до 33 футов/с) и продолжительность 90-120 минут.

Установки шокового охлаждения обычно имеют различные секции с разными уставками температуры и скорости воздуха. В идеале, более низкая температура и более высокая скорость вращения вентилятора устанавливаются в начале процесса шокового охлаждения и уменьшаются по мере его продолжения. После выхода туш из камеры шокового охлаждения они попадают в камеры охлаждения (выравнивания), где заданные значения температуры и скорости воздуха соответствуют типичным значениям обычного охлаждения.

Такие факторы, как расстояние между тушами, могут значительно повлиять на скорость охлаждения. Важно правильно расположить туши, чтобы тепло отводилось между тушами и поддерживался хороший температурный градиент. Если туши расположены неправильно, это уменьшает градиент температуры на всех участках туши, которые соприкасаются с соседними тушами, что приводит к плохому охлаждению (рис. 3.15). Даже при шоковом охлаждении туши должны быть правильно расположены в камере выравнивания, чтобы поддерживать температурный градиент, создаваемый в процессе шоковой заморозки.

Различные системы охлаждения оказывают значительное влияние на снижение температуры туши, pH и другие аспекты качества мяса, причем наибольшие различия наблюдаются между шоковым охлаждением и другими видами охлаждения. Компания PIC оценила снижение температуры 17 установок обычного охлаждения (с распылением воды и без него) и 9 установок шокового охлаждения, чтобы определить влияние на снижение температуры, pH, цвета и твердости мяса. При шоковом охлаждении наблюдается более быстрое снижение температуры в окороке, корейке и лопатке, а также более низкая температура окружающей среды в целом (рис. 3.16). Шоковое охлаждение также улучшило качество корейки. В частности, pH улучшился на 0,10 единиц, японский показатель цвета улучшился на 0,24 единицы, а твердость улучшилась на 0,20 единиц (рис. 3.17).

Если процесс охлаждения происходит достаточно быстро в течение первых 1-1,5 часов после охлаждения (температура внутри корейки ниже  $32^\circ\text{C}/90^\circ\text{F}$ ), то цвет свинины будет, как правило, хорошим. Однако если процесс охлаждения происходит недостаточно быстро (температура внутри корейки ниже  $13^\circ\text{C}/60^\circ\text{F}$ ) в течение первых 4-5 часов после охлаждения, pH может быть низким, что приводит к возникновению RSE свинины. Очень важно, чтобы процесс охлаждения был достаточно быстрым, чтобы охладить туши в течение первых 4-5 часов до целевых  $13^\circ\text{C}/60^\circ\text{F}$ , чтобы обеспечить желаемый цвет и уровень pH.

Еще одним преимуществом шокового охлаждения является снижение усушки туши (разница между весом горячей и холодной туши). В большинстве обычных холодильных установок потери на усушку составляют от 2% до 4%, в то время как в установках шокового охлаждения они обычно составляют менее 1,25%, а во многих установках - менее 1%. Это огромный экономический фактор. Значительная часть этой влаги сохраняется благодаря более высокому рН/влажностудерживающей способности в течение всего процесса производства и сохраняет вес конечной продукции, предназначенной для продажи.

**Рисунок 3.15** Последствия неправильного расположения туш при охлаждении

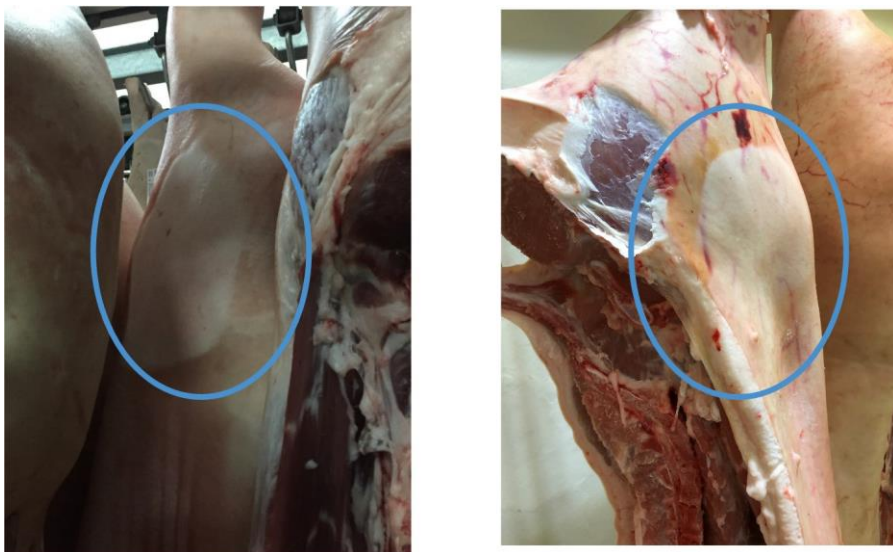


Рисунок 3.16 Разница в скорости снижения температуры при обычном и шоковом охлаждении

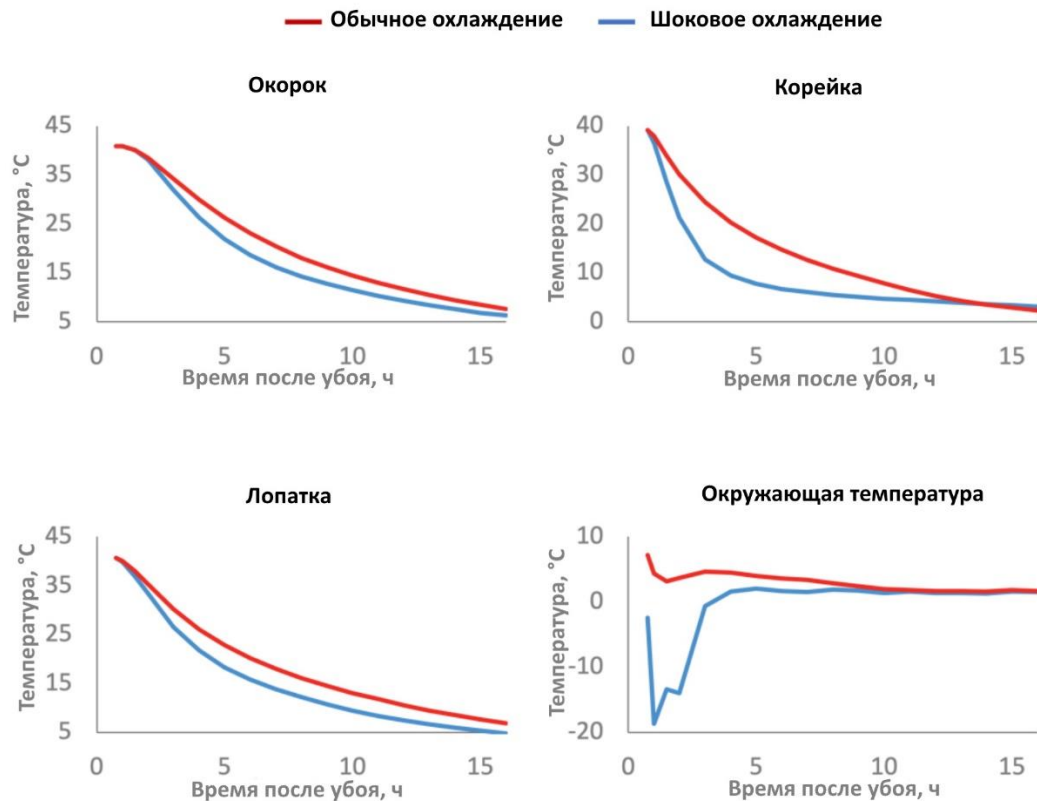
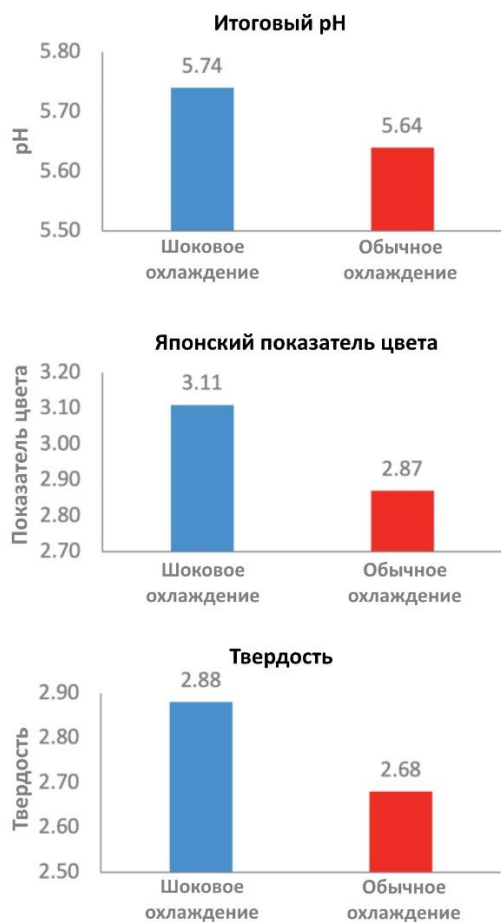


Рисунок 3.17 Различия в качественных характеристиках мяса при обычном и шоковом охлаждении



### 3.2.5 Принципы оглушения свиней и его влияние на качество мяса

Оглушение делает свинью бесчувственной перед обескровливанием. Существуют три приемлемых метода оглушения свиней: оглушение с помощью пистолета со стержнем, электрическое и газовое оглушение. На большинстве крупных предприятий используется электрическое или газовое ( $\text{CO}_2$ ) оглушение, поэтому они будут рассмотрены более подробно.

#### 3.2.5.1 Электрическое оглушение

Электрическое оглушение вызывает эпилептический припадок, в результате которого свинья теряет сознание. Это достигается путем пропускания тока высокого напряжения либо только через голову, либо через голову и тело.

При оглушении только головы электроды размещаются на шее за ушами (рис. 3.18а), чтобы пропустить ток через мозг. При оглушении головы и сердца используется тот же зонд для головы и дополнительный зонд, расположенный в области сердца (рис. 3.18b), для пропускания тока через сердце. Оглушение головы является обратимым, а оглушение головы и сердца - нет. Оно вызывает фибрилляцию желудочков (остановку сердца), которая обычно приводит к смерти до обескровливания.

**Рисунок 3.18** Правильное размещение электродов при электрическом оглушении

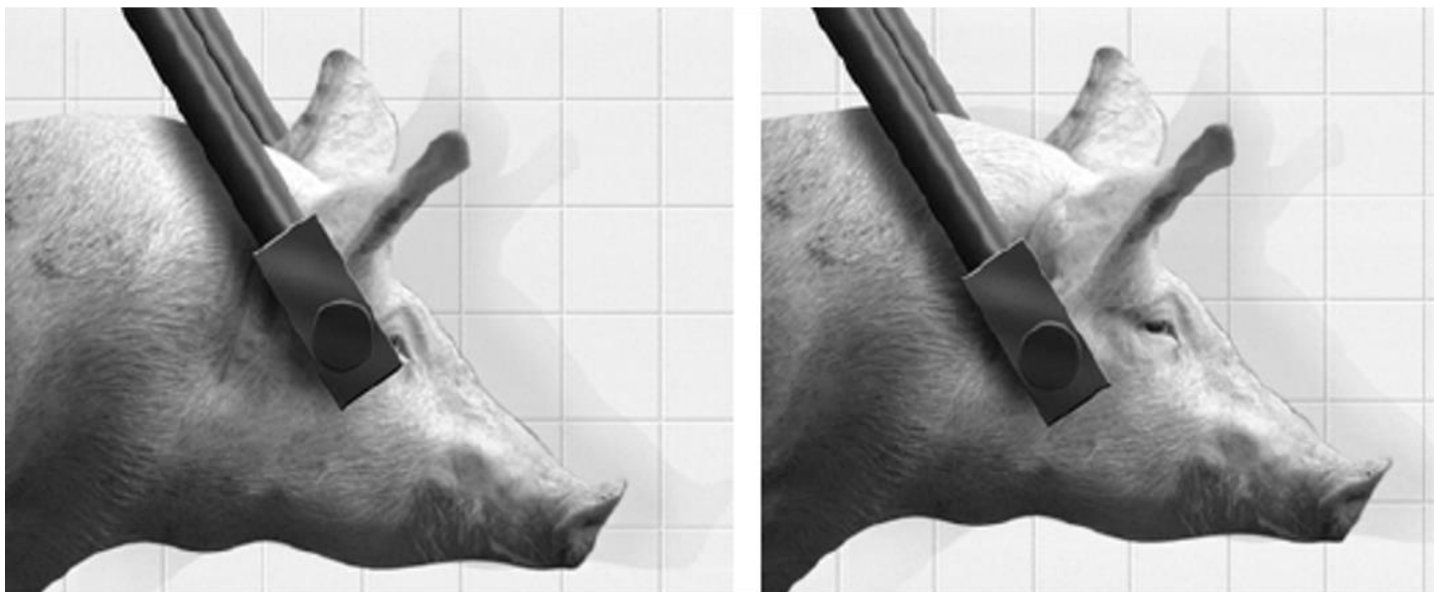


Фото: Ассоциация гуманного забоя скота, 2016 год.

Использование правильного тока очень важно для обеспечения эффективного оглушения. Согласно закону Ома, сила тока равна напряжению, деленному на сопротивление. Сила тока измеряется в амперах, и для эффективного оглушения свиней требуется 1,25 ампера. Сопротивление ( $\text{Ом}/\Omega$ ) у каждого животного разное. Многие факторы могут влиять на сопротивление, например, расстояние, которое должен пройти ток, и проводимость материалов, через которые он должен пройти. Перед оглушением свиней часто поливают водой, чтобы уменьшить сопротивление, так как вода является отличным проводником электричества.

Сопротивление свиньи весом 100 кг (220 фунтов) обычно составляет от 150 до 350 Ом. Исходя из минимального сопротивления в 150 Ом, для поддержания силы тока в 1,25 ампера необходимо напряжение не менее 188 вольт. Однако мы не можем полагаться на минимальное сопротивление, потому что большинство свиней при 188 вольтах оглушаются неэффективно. При сопротивлении 350 Ом для эффективного оглушения свиньи током в 1,25 ампера потребуется напряжение 440 вольт, но при этом ток будет гораздо выше (2,9 ампера), чем требуется для свиней с сопротивлением 150 Ом.

Более высокий ток не является проблемой с точки зрения благополучия животных. Однако с точки зрения качества мяса — это может привести к увеличению числа переломов костей, кровоизлияний (петехии, экхимозы) или образованию скоплений крови/паутинных прожилок (рис. 3.19), что снижает ценность продукта. Кровоизлияния происходят в результате повышения кровяного давления во время оглушения, что может привести к разрыву кровеносных сосудов и оставить видимые следы крови в мясе.

**Рисунок 3.19 Повреждения при неправильном электрическом оглушении**



**Переломы костей**



**Сгустки крови и лопнувшие кровеносные сосуды**



**Точечные кровоизлияния в окороке**



**Точечные кровоизлияния в вырезке**

Высокочастотное оглушение часто используется для обеспечения адекватного оглушения с точки зрения благополучия животных и во избежание дефектов качества мяса. Частота (измеряется в герцах/Гц) определяет, сколько раз в секунду повторяется колебание тока. Обычный электрический ток имеет частоту от 50 до 60 Гц. Высокочастотный ток (от 1000 до 3000 Гц) сводит к минимуму переломы костей и петехии. Однако исследования показали, что при высокочастотном оглушении увеличивается сопротивление. Это приводит к необходимости увеличения напряжения на 100 вольт по сравнению с тем, которое используется при стандартном частотном оглушении.

Системы оглушения могут быть как с фиксированным, так и с переменным напряжением. Системы с переменным напряжением более предпочтительны, поскольку они обеспечивают постоянный ток, гарантируя, что свиньи не подвергаются чрезмерному или недостаточному оглушению. Система с фиксированным напряжением должна использоваться при таком напряжении, чтобы адекватно оглушить всех свиней. В результате ток будет слишком высоким для некоторых свиней, что приведет к переломам костей и кровоизлияниям.

Правильное оглушение также зависит от технического обслуживания оборудования для оглушения, правильного размещения электродов и продолжительности оглушения. Грязные или изношенные электроды могут увеличить сопротивление на 200 Ом. Аналогичным образом, расположение электродов может повлиять на сопротивление и эффективность оглушения. Ток должен подаваться в течение 3-5 секунд. Подача тока в течение менее 3 секунд может привести к неэффективному оглушению. Увеличение длительности подачи тока свыше 3 секунд не принесет дополнительной пользы с точки зрения оглушения, вызывая необратимое оглушение. Время оглушения более 5 секунд может привести к увеличению количества переломов костей, петехий, кровоизлияний и скоплению крови в туше.

### 3.2.5.2 Газовое оглушение (контролируемая среда)

Распространенность оглушения свиней газом  $\text{CO}_2$  резко возросла за последние 30 лет. Свиней погружают в высокую концентрацию газа  $\text{CO}_2$ , чтобы привести их в бессознательное состояние. Большинство новых систем  $\text{CO}_2$  разработано для оглушения 4-8 свиней одновременно, но еще используются некоторые старые системы для оглушения 1 свиньи за раз.

Две основные модели - это система с несколькими гондолами и система с лифтовым подъемником. Система с несколькими гондолами работает по принципу колеса обозрения. Она имеет несколько гондол (обычно от 4 до 7), которые опускаются в яму, с высокой концентрацией газа  $\text{CO}_2$  (рис. 3.20). Затем свиньи поднимаются вверх, где их вынимают из гондолы, подвешивают на крюки и обескровливают.

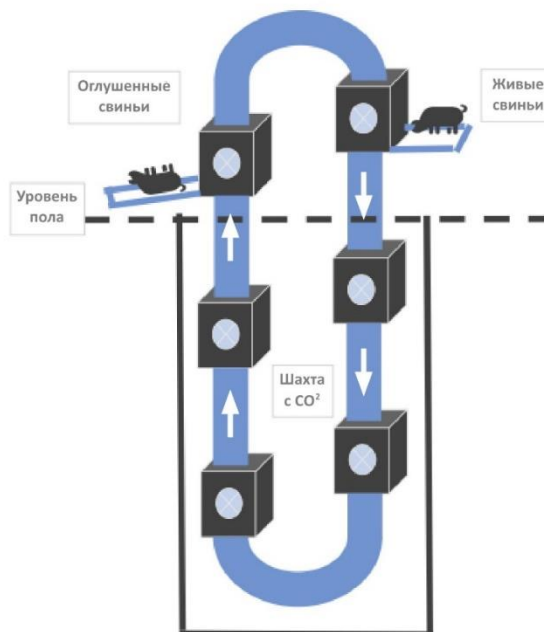


Рисунок 3.20 Схема оглушения при помощи  $\text{CO}_2$

Погружной подъемник работает как лифт. Он также использует шахту, заполненную  $\text{CO}_2$ , но имеет только одну гондолу. Гондола заполняется соответствующим количеством свиней, а затем опускается прямо на дно шахты, где концентрация  $\text{CO}_2$  наибольшая. Как только свиньи будут эффективно оглушены, гондолу поднимают, свиней извлекают и пускают кровь.

Большинство, если не все, новые системы  $\text{CO}_2$  имеют заднюю загрузку, в отличие от старых систем с боковой загрузкой. Системы оглушения с боковой загрузкой требуют использования однорядных дорожек для эффективной загрузки свиней в гондолы со скоростью движения линии переработки. В системах с обратной загрузкой группы свиней загружаются одновременно, что позволяет автоматически перемещать свиней в гондолу системы оглушения. Это значительно снижает уровень стресса, оказываемого на свиней, что улучшает качество мяса.

Основными факторами, влияющими на эффективность оглушения  $\text{CO}_2$ , являются концентрация  $\text{CO}_2$ , время пребывания (продолжительность воздействия газа) и температура окружающей среды. Важно использовать соответствующий уровень  $\text{CO}_2$ . Поскольку фаза введения в бессознательное состояние может быть стрессовой для свиней, лучше всего минимизировать время от воздействия газа до того момента, когда свиньи теряют сознание.

Исследования показывают, что при уровне  $\text{CO}_2$  менее 90% требуется больше времени для того, чтобы вызвать бессознательное состояние. Радж и Грегори (1996) указали, что время наступления бессознательного состояния составляет 15 секунд для 90%  $\text{CO}_2$  и 22 секунды для 80%  $\text{CO}_2$ . Исходя из наших общих наблюдений, свиньи падают и перестают издавать звуки примерно через 15-20 секунд при использовании концентрации  $\text{CO}_2$  более 95%. Часто это же происходит и при концентрации свыше 90%. Поскольку каждое предприятие и система оглушения уникальны, отрегулируйте концентрацию  $\text{CO}_2$  таким образом, чтобы все свиньи падали на пол гондолы и переставали издавать звуки через 20 секунд после воздействия газа  $\text{CO}_2$ .

Время выдержки имеет решающее значение для того, чтобы свиньи оставались без сознания до процесса обескровливания. Время выдержки часто зависит от концентрации  $\text{CO}_2$ . Более высокие концентрации  $\text{CO}_2$  требуют более короткого времени выдержки. Слишком длительное время выдержки может привести к проблемам с эффективным удалением крови. Если время выдержки превышает 180 секунд, кровь задерживается в кровеносных сосудах, что препятствует ее эффективному удалению. Такие свиньи будут выходить из камеры оглушения  $\text{CO}_2$  с признаками синюшности (рис. 3.21). Это красноватое или синевато-фиолетовое изменение цвета кожи, вызванное оседанием и скоплением крови после смерти.

**Рисунок 3.21 Синюшность у свиней на выходе из камеры оглушения  $\text{CO}_2$**





Если температура воздуха в зоне оглушения CO<sub>2</sub> ниже 7°C (45°F), у свиней могут появиться признаки восстановления сознания после выхода из камеры оглушения. В этом случае концентрацию CO<sub>2</sub> следует повысить на 1-2%, чтобы минимизировать эту проблему.

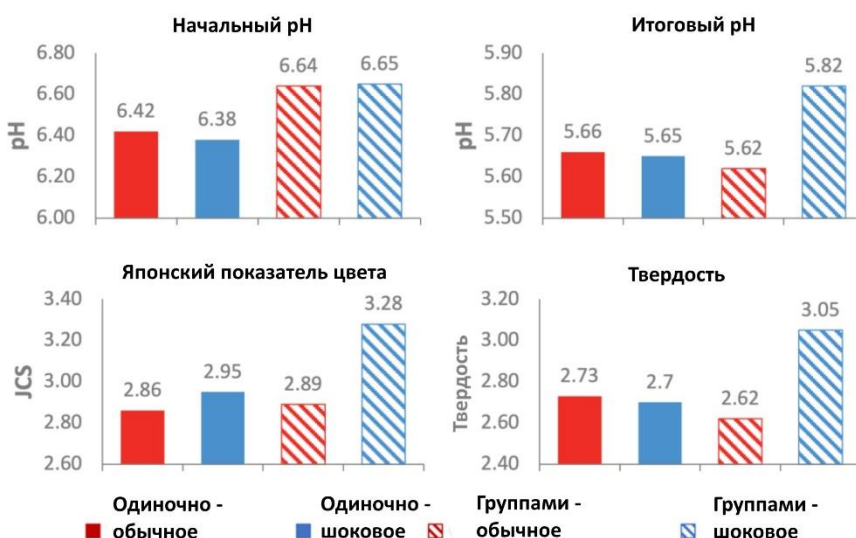
Обзор литературы показывает, что оглушение CO<sub>2</sub> приводит к улучшению качества мяса по сравнению с электрическим оглушением. Наиболее устойчивым эффектом является почти полное устранение кровоизлияний. Оглушение с помощью CO<sub>2</sub> не повышает кровяное давление, как при электрическом оглушении, поэтому оно устраняет разрывы кровеносных сосудов, которые приводят к кровоизлияниям. В большинстве исследований делается вывод, что оглушение CO<sub>2</sub> улучшает pH мяса, его цвет и снижает влагопотерю.

Принято считать, что улучшение pH мяса, цвета и снижение влагопотери связано с улучшением обращения с животными, а не с самой процедурой оглушения. Замена боковой загрузки камер оглушения CO<sub>2</sub> (перемещение свиней в одну линию) на заднюю загрузку (групповое перемещение свиней) приводит к значительному улучшению (0,20 единиц pH) начального pH. Это ясно указывает на то, что групповое перемещение свиней для оглушения снижает уровень стресса свиней и улучшает качество мяса.

РИС провела оценку показателей снижения температуры, pH, цвета и твердости мяса на 26 коммерческих убойных предприятиях, чтобы определить влияние обычного охлаждения (с распылением воды и без) в сравнении с шоковым охлаждением на качество мяса. Заводы были классифицированы на основе движения животных до оглушения (групповое или одиночное) и скорости охлаждения (шоковое или обычное). Групповое оглушение представляло собой оглушение CO<sub>2</sub> с автоматизированной групповой перегонкой свиней в камеру оглушения. При одиночном оглушении применялось электрическое и CO<sub>2</sub> оглушение, где требовалось перемещение свиней к устройству оглушения в одну линию.

У свиней, которых оглушали в группе, наблюдалось увеличение начального pH вырезки (0,24 единицы pH), по сравнению с одиночным перемещением свиней к месту оглушения (рис. 3.22). Итоговый pH корейки, показатель цвета и твердость улучшались только в сочетании с интенсивным шоковым охлаждением. Эти результаты показывают, что в коммерческих условиях снижение уровня стресса перед оглушением само по себе не всегда достаточно для улучшения качества свинины, если туши подвергаются плохому охлаждению.

**Рисунок 3.22 Влияние группового оглушения и охлаждения на качество корейки**



Одиночно = Перемещение к месту оглушения в одну линию  
 Групповое = Перемещение к месту оглушения группами  
 Обычное = Обычное охлаждение  
 Шоковое = Шоковое охлаждение

### 3.2.6 Принципы обескровливания и его влияние на качество мяса

Обескровливание также может повлиять на качество мяса. Его часто называют "закалыванием" или "обескровливанием". Цель обескровливания - убить свинью и удалить кровь.

При обескровливании перерезаются основные артерии и вены вблизи сердца. Для этого необходимо перерезать как минимум сонные артерии и яремную вену, при этом перерезаются и другие сосуды, что приводит к быстрой кровопотере. Нож вводится по средней линии в углубление над грудной костью и направляется к сердцу для рассечения крупных кровеносных сосудов вблизи сердца (рис. 3.23).

Удаление как можно большего количества крови имеет решающее значение для получения высококачественных продуктов из свинины. Как правило, из туши удаляется только 50%-60% крови, при этом большая часть крови остается в жизненно важных органах и внутренностях. Остатки крови в мышцах и жире могут привести к увеличению роста микроорганизмов, поскольку кровь является идеальной средой для роста бактерий. Повышенный рост микроорганизмов может усугубить проблемы со сроками хранения продуктов из свинины. Остаточная кровь в кровеносных сосудах (рис. 3.24) также выглядит непрезентабельно и считается дефектом туши и/или премиальных отрубов.

**Рисунок 3.23 Угол направления ножа для правильного закалывания**

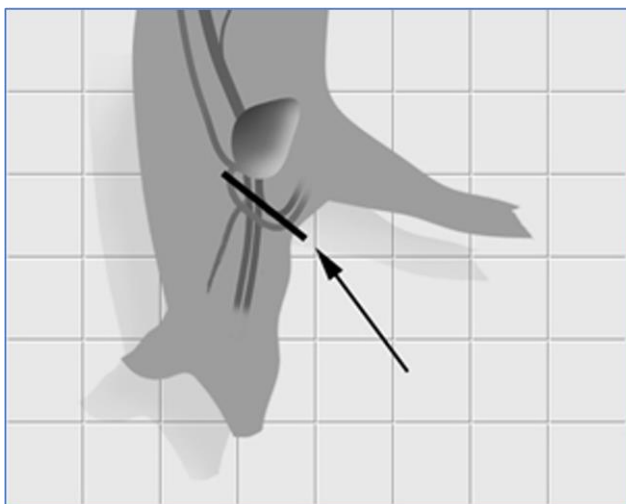


Фото: Ассоциация гуманного забоя скота. 2016.

**Рисунок 3.24 Остатки крови в кровеносных сосудах**



Оптимальное удаление крови связано с процессом оглушения свиней. Количество времени, которое проходит с момента оглушения свиней до их обескровливания, имеет решающее значение для обеспечения своевременной смерти животного до того, как оно может прийти в сознание. Время также способствует оптимальному удалению крови. При электрическом оглушении только головы, это время должно составлять менее 10 секунд. При оглушении CO<sub>2</sub> более важной проблемой является достаточно быстрое обескровливание для обеспечения оптимального удаления крови. Свиньи обычно остаются без сознания более 90 секунд, или они уже мертвы. Если предположить, что время пребывания в камере с CO<sub>2</sub> составляет 180 секунд или меньше, все свиньи, выходящие из камеры, должны быть обескровлены в течение 60 секунд, но не более 90 секунд, чтобы обеспечить надлежащее удаление крови.

Обескровливание можно проводить, когда свинья лежит горизонтально на конвейерной ленте сразу после электрооглушения, или вертикально после наложения путовых цепей и подвешивания при оглушении CO<sub>2</sub> (а в некоторых случаях и при электрооглушении).

Вертикальное закалывание гораздо легче выполнить, чем горизонтальное. Однако горизонтальное закалывание часто требуется при электрооглушении, поскольку минимизация времени от оглушения до закалывания имеет критически важное значение.

Во время обескровливания важно, чтобы кровь свободно вытекала из прокола. Когда свинью закалывают, кровь течет обильно в течение 1 минуты; затем кровоток уменьшается. В этот момент теряется достаточно крови, чтобы привести к смерти животного, но необходимо удалить дополнительную кровь, чтобы предотвратить скопление крови в премиальных отрубях. Снижение кровотока может позволить проколу затянуться настолько, чтобы вызвать образование тромбов и предотвратить дальнейшее удаление крови. Это гораздо более вероятно при оглушении CO<sub>2</sub>, чем при электрическом оглушении, поскольку интервал между оглушением и закалыванием при оглушении CO<sub>2</sub> гораздо больше.

Один из способов решения этой проблемы - установить по всей цепочке сбора крови перекладки для головы (рис. 3.25). Голова свиньи ударяется о перекладку, в результате чего голова качается и не дает крови свертываться в месте прокола. Еще один прием при закалывании - вставить нож, повернуть его на 90 градусов, а затем вынуть нож. В результате рана от прокола приобретает форму буквы "Т", в отличие от обычного прокола ножом (рис. 3.26). Такая рана в форме буквы "Т" снижает вероятность полного закрытия прокола. Скручивающее действие ножа разрывает больше кровеносных сосудов, способствуя быстрой потере крови.

Рана от прокола также должна быть шириной не менее 2,5 см (1 дюйм), иначе она может легко закрыться. Слишком большие проколы (> 3,8 см или 1,5 дюйма) не являются необходимыми и могут привести к снижению стоимости туши из-за необходимости дополнительной обрезки в области прокола.

### Рисунок 3.25 Использование перекладин для головы для предотвращения свертывания крови



Рисунок 3.26 Правильные и неправильные проколы



- Чрезмерно большой прокол
- Плоский прокол (без поворота ножа)



- Слишком большой прокол
- Плоский прокол (без поворота ножа)



- Слишком маленький прокол
- Плоский прокол (без поворота ножа)



- Нормальный размер прокола
- Плоский прокол (без поворота ножа)



- Нормальный размер прокола
- Плоский прокол (без поворота ножа)
- Прокол слишком смещен в сторону



- Идеальный прокол
- Нормальный размер прокола
- Поворот ножа, дающий прокол в виде буквы «Т»



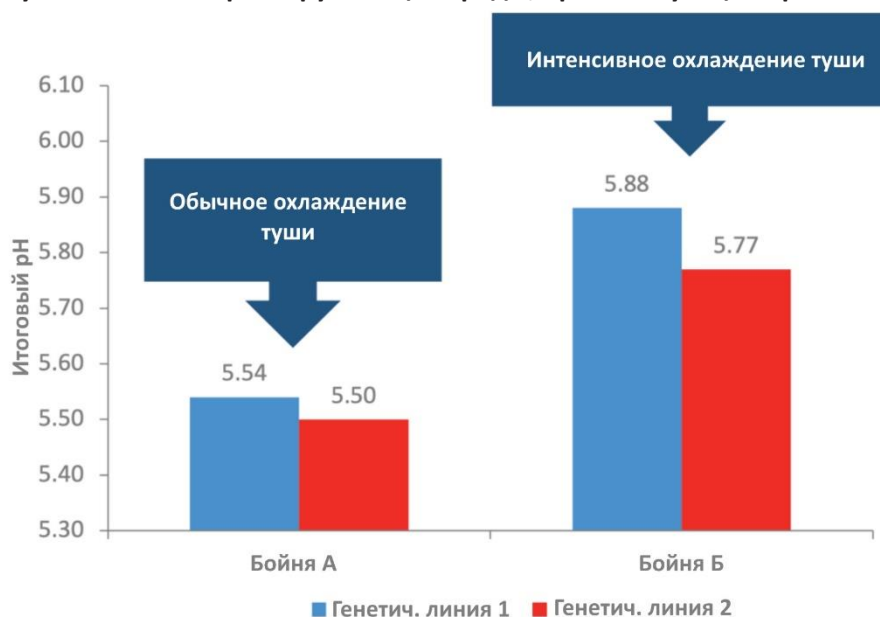
## 3.3 Управление качеством постного мяса

### 3.3.1 Генетика

Генетика имеет решающее значение для получения высококачественного мяса. Хотя часто считается, что она в значительной степени определяет вариативность качества мяса, системные (управляемые) и несистемные (неуправляемые) факторы окружающей среды могут значительно повлиять на реализацию генетического потенциала животных.

На рис. 3.27 приведен отличный пример того, как различные системы управления влияют на проявление генетического потенциала. В данном случае интенсивное охлаждение позволило в большей степени проявить генетический потенциал обеих генетических линий, но также позволило более ярко проявиться более высокому генетическому потенциалу генетической линии 1.

Рисунок 3.27 Факторы окружающей среды, препятствующие проявлению генетического потенциала



Уже много лет известно, что на долю генетики приходится от 20% до 30% вариативности в качестве мяса свинины. Это предполагает, что гены HAL-1843™ (ген стресса) и RN- (Rendement Napole) будут удалены, так как они увеличат процент вариативности, обусловленный генетикой. Селекция по итоговому уровню pH или снижению восприимчивости к стрессу может улучшить генетический потенциал в отношении итогового уровня pH, цвета, влагоудерживающей способности и пищевых качеств. (См. также раздел 3.2.3.1, Влияние генетики на pH).

#### 3.3.1.1 Рекомендации по генетике

- Используйте генетические линии, которые были выведены с целью улучшения качественных признаков свинины, таких как уровень pH и нежность.
- Используйте генетические линии, не несущие мутаций гена стресса и гена RN.

### 3.3.2 Кормление

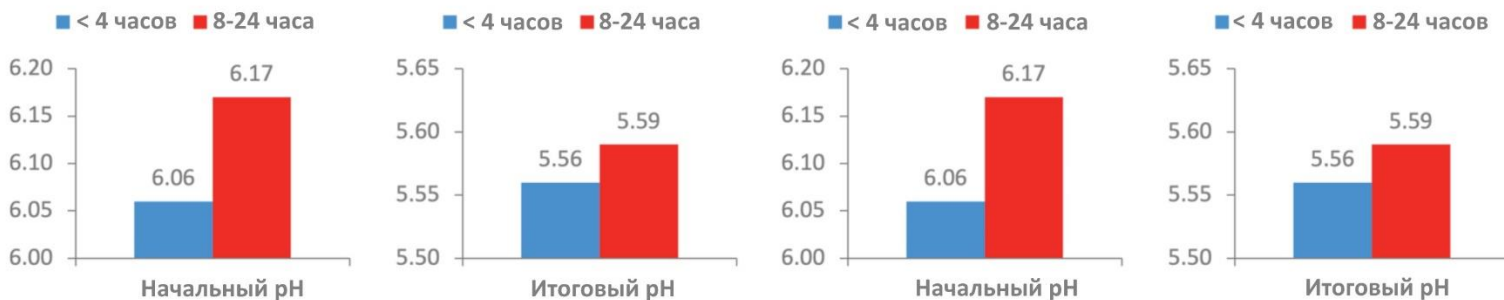
За последние 30 лет исследователи широко изучили процесс регулирования качества мяса с помощью кормления. В число изучаемых кормовых ингредиентов входят (но не ограничиваются ими) карнитин, хром, бетаин, креатин, магний, железо, марганец, ниацин, витамин Е, витамин D и витамин С.

Хотя эти ингредиенты показывают положительные результаты в отношении pH, цвета или влагопотери, эффект часто непоследователен, слишком мал, чтобы быть коммерчески значимым, или экономически нецелесообразен для улучшения качества мяса. Снижение стресса перед убоем и увеличение скорости охлаждения туши влияют на качество мяса гораздо больше, чем любые меры по изменению рационов кормления.

Однако кормление может быть использовано для изменения уровня или типа жира в туше и мраморности. Соотношение жирных кислот в мясе можно легко изменить путем скармливания жира с нужным спектром кислот. Различные жирные кислоты могут изменить вкусовые характеристики свинины, если эти различия достаточно велики. Можно увеличить содержание внутримышечного жира, скармливая рационы с пониженным содержанием лизина, но это обычно экономически не выгодно, поскольку негативно влияет на скорость роста, конверсию корма и общую постность туши.

Голодная выдержка является лучшей мерой пищевого воздействия для улучшения качества мяса, поскольку он помогает уменьшить запасы гликогена в мышцах. Мета-анализ 11 исследований, в которых сравнивались голодная выдержка в течение менее 4 часов и в течение 8-24 часов, показал, что такие показатели, как начальный и конечный pH, цвет мяса и влагопотеря улучшаются при увеличении периода голодной выдержки (рис. 3.28). Голодная выдержка также повышает пищевую безопасность. Она снижает наполнение кишечника, что предотвращает случайное попадание содержимого кишечника на тушу во время процесса нутрования.

**Рисунок 3.28 Влияние голодной выдержки на качество свинины\***



\*Результат анализа 11 исследований из 9 статей. Исследование включалось в анализ, если размер выборки превышал 30 туш на одну процедуру. В исследовании должно было использоваться время голодной выдержки менее 24 часов и контроль, в котором голодная выдержка составляла от 0 до 4 часов.

Хотя голодная выдержка важна для улучшения качества мяса и пищевой безопасности, чрезмерная голодная выдержка может снизить ценность туши. Усадка мышечной ткани начинается между 24 и 30 часами после прекращения подачи корма. Это уменьшает вес туши и снижает ее стоимость.

### 3.3.2.1 Рекомендации по применению голодной выдержки

- Голодная выдержка корма важна для качества свинины и пищевой безопасности.
- Целью является обеспечение периода голодной выдержки от 12 до 24 часов перед убоем.
  - Общее время голодной выдержки должно:
    - включать время транспортировки
    - включать минимум 6-8 часов выстойки без корма на ферме перед погрузкой
    - обеспечивать минимум 2-3 часа отдыха после разгрузки на заводе перед убоем свиней.
- Если из корпуса продается несколько партий свиней, то при определенных условиях и для первой партии свиней голодная выдержка может оказаться не столь выгодной.
  - Если во всем корпусе происходит многократное отключение подачи корма перед продажей, то в этом случае голодная выдержка перед продажей может увеличить вероятность падежа свиней, остающихся на ферме, из-за язв или других проблем со здоровьем кишечника.

### 3.3.3 Погрузка свиней на ферме

Погрузка свиней на ферме создает один из первых серьезных стрессов, который может повлиять на качество мяса. Минимизируйте этот стресс с помощью надлежащих навыков обращения со свиньями, инструментов для работы со свиньями и помещений, способствующих перемещению свиней.

Свиней всегда следует перемещать небольшими группами. Оператор никогда не должен выходить вперед за точку баланса или находиться в слепой зоне свиней (рис. 3.29). Любое грубое обращение или громкие звуки могут вызвать у свиней стресс. Это неэффективно с точки зрения побуждения свиней к движению. Устранение отвлекающих факторов и обеспечение достаточного освещения без резких перепадов света также имеют чрезвычайно важное значение (рис. 3.30).

Рисунок 3.29 Научные основы перемещения свиней

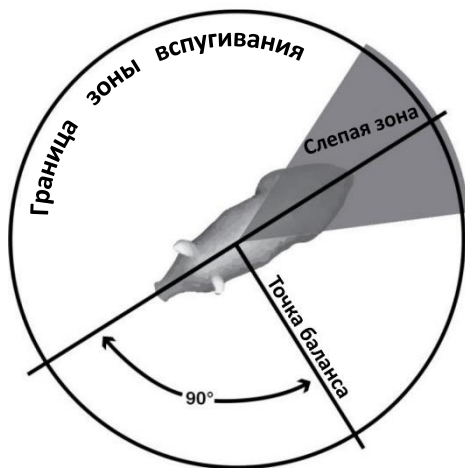


Фото: Руководство по TQA Национального совета по свинине, 2018

Рисунок 3.30 Примеры плохого освещения, которое может повлиять на передвижение свиней



Недостаточное освещение, при этом единственный источник света направлен прямо в глаза свиньям.



Освещение достаточное, но расположенные низко источники света являются отвлекающим фактором.

### 3.3.3.1 Рекомендации по погрузке животных на ферме

- Во время погрузки свиней следует перемещать небольшими группами (4-5 свиней) по стандартным 90 см проходам.
  - Более широкие аллеи позволяют перемещать большие группы свиней.
  - Минимизирует стресс.
  - Позволяет ускорить погрузку.
- Для погрузки свиней используйте надлежащие инструменты для перемещения свиней.
  - По возможности не используйте электрические погонялки. Если они используются, их не следует носить с собой в качестве основного инструмента.
  - Используйте сортировочные доски, весла и флажки.
  - Избегайте громких звуков, например, криков или ударов по воротам или желобам.
- Используйте погрузочную платформу, которая минимизирует стресс свиней.
  - В идеале следует избегать уклонов, но при необходимости уклона ramпы он должен составлять 20 градусов или менее.
  - Покрытие ramпы должно предотвращать скольжение и падение свиней.
    - Ramпа может иметь поперечные планки или противоскользящий материал пола.
    - Планки должны быть расположены на одинаковом расстоянии друг от друга в соответствии с размерами свиней, согласно производственным рекомендациям.
- Обеспечьте надлежащее освещение во всех местах, где будут находиться свиньи во время погрузки.
  - Свиньи легче перемещаются в хорошо освещенных местах без сильных перепадов света.
  - Это очень важно, когда свиньи перемещаются из разных зон (например, с аллеи в загрузочный лоток и из лотка в грузовик).
  - Освещение должно быть рассеянным и установлено достаточно высоко, чтобы источник света не отвлекал свиней.
    - Если высокая установка светильников невозможна, используйте однонаправленное освещение, чтобы свет не отвлекал свиней.
- Обеспечьте путь движения (из зала до машины), облегчающий перемещение свиней.
  - Уберите с пути все предметы (шланги, металлические прутья ворот и т.д.) и мусор, так как они будут отвлекать свиней.
  - Избегайте поворотов на 90 градусов и более.



- Избегайте узких мест или других резких изменений на пути движения.
- Переход от одного типа пола к другому, дренаж пола, отражения от воды, скопившейся на полу, будут отвлекать свиней и мешать их движению.
- В идеале проходы должны быть достаточно широкими, чтобы две свиньи могли идти бок о бок. Если проходы слишком широкие, свиньи могут попытаться развернуться.

### 3.3.4 Транспортировка свиней

После погрузки свиней в машину важно минимизировать стресс при транспортировке. Если условия в трейлере плохие, стресс от погрузки не пройдет. Поездки продолжительностью менее 2 часов, как правило, не позволяют свиньям адаптироваться к стрессу, вызванному погрузкой и транспортировкой, прежде чем их выгрузят.

Конструкция прицепа, уровень комфорта свиней (температура и вентиляция) и плотность посадки - вот три основных фактора, которые могут повлиять на уровень стресса свиней во время транспортировки.

#### 3.3.4.1 Рекомендации по транспортировке свиней

- Тип трейлера и его эксплуатация могут повлиять на уровень стресса свиней.
  - В идеале лучшим типом трейлера является тот, в который свиней можно загружать без использования внутренней рампы или погрузочного желоба.
  - Такие прицепы имеют либо подвижные гидравлические деки (этажи), что позволяет загружать свиней на одном уровне, либо гидравлический подъемник для поднятия свиней на уровень загружаемой деки.
  - Грузовики с одноуровневыми деками предпочтительнее грузовиков с разноуровневыми деками.
  - Убедитесь, что пол в грузовике обеспечивает сцепление с поверхностью за счет текстурированного покрытия, ковриков или подстилки.
- Правильная температура и вентиляция.
  - Устанавливайте панели трейлера при низких температурах и снимайте панели в жаркую погоду в соответствии с промышленными стандартами. Учитывайте температуру в месте, куда вы направляетесь, а также температуру во время погрузки.
  - В жаркую погоду обеспечьте водяное орошение, чтобы охладить свиней в трейлере. Делайте это только непосредственно до выезда или во время выезда, чтобы движение грузовика помогало контролировать высокую влажность.
- Обеспечьте достаточное количество подстилки в грузовике. Подстилки достаточно, если она:
  - Впитывает мочу и предотвращает скольжение и падение свиней.
  - Обеспечивает тепло в холодную погоду.
    - Обеспечивает охлаждение летом, когда подстилка влажная. При этом предполагается, что грузовик движется, чтобы обеспечить достаточный поток воздуха и предотвратить повышение влажности.
- Обеспечьте надлежащую плотность посадки.
  - Переизбыток поголовья может привести к увеличению числа падежа и стрессу свиней на бойне.
  - Недостаточная плотность посадки может привести к падению животных с возможностью получения травм.
- Исследования крупномасштабного производства показывают, что плотность посадки 225-250 кг/м<sup>2</sup> (46,1-51,2 фунтов/фут<sup>2</sup>) может свести к минимуму случаи падежа и стресса свиней.
  - Даже небольшое увеличение среднего веса свиней может повлиять на плотность посадки и потребовать размещения меньшего количества свиней в трейлере для минимизации транспортных потерь (Таблица 3.2).

Таблица 3.2 Плотность посадки в трейлер при разном среднем весе животных при использовании плотности посадки 250 кг/м<sup>2</sup> (51 фунт/фут<sup>2</sup>)

Средний живой вес кг/фунты	Требуемая площадь м <sup>2</sup> /голову	Требуемая площадь фут <sup>2</sup> /голову	Кол-во голов в трейлере площадью 65 м <sup>2</sup> (699,65 фут <sup>2</sup> ) голов
99,8 / 220	0,399	4,297	162,8
102,1 / 225	0,408	4,394	159,2
104,3 / 230	0,417	4,492	155,8
108,9 / 240	0,436	4,687	149,2
111,1 / 245	0,444	4,785	146,3
113,4 / 250	0,454	4,882	143,3
115,7 / 255	0,463	4,980	140,4
117,9 / 260	0,472	5,078	137,8
120,2 / 265	0,481	5,175	135,2
122,5 / 270	0,490	5,273	132,7
124,7 / 275	0,499	5,371	130,3
127,0 / 280	0,508	5,468	128,0
129,3 / 285	0,517	5,566	125,7
131,5 / 290	0,526	5,664	123,6
133,8 / 295	0,535	5,761	121,4
136,1 / 300	0,544	5,859	119,4

- Как только машины загружены свиньями, они должны сразу же направиться на бойню и своевременно разгрузиться.
  - Избегайте ненужных и длительных остановок.
  - Отметьте время погрузки свиней, чтобы машина прибыла на бойню в назначенное время, что позволит своевременно разгрузить свиней.
- Как правило, свиньи с более длительным временем транспортировки/расстоянием имеют лучшее качество мяса.
  - Транспортировка в течение 2 часов или менее не позволяет свиньям преодолеть стресс, связанный с погрузкой, прежде чем они подвергнутся стрессу, связанному с разгрузкой.
    - Это усугубляет стресс, который может отрицательно повлиять на свиней и/или на качество мяса.
    - Свиньям, время транспортировки которых составило менее 2 часов, следует дать отдохнуть в течение минимум 3 часов после разгрузки на бойне.

### 3.3.5 Разгрузка свиней

Правильные процедуры разгрузки и период отдыха перед убоем имеют решающее значение для того, чтобы помочь свиньям быстро преодолеть стресс. Это особенно важно, когда размер помещения не позволяет обеспечить достаточное время отдыха перед убоем.

Минимизируйте стресс при разгрузке, используя надлежащие навыки обращения со свиньями, оборудование для разгрузки и правильное его использование. Не задерживайте разгрузку после прибытия машины на убойный завод. На предприятиях должен быть составлен график прибытия машин, и все должны следовать этому графику.

### 3.3.5.1 Рекомендации по разгрузке свиней

- Во время разгрузки свиней следует перемещать небольшими группами (4-5 свиней), чтобы:
  - Минимизируйте стресс для животных.
  - Обеспечьте быструю разгрузку.
- При разгрузке свиней следует использовать надлежащие средства перемещения свиней.
  - Не используйте электрические погонялки. Если используются электрические погонялки, они не должны быть основным инструментом и должны использоваться не более чем на 10% свиней.
  - Используйте сортировочные доски, весла и флажки.
- Используйте разгрузочную рампу, которая поможет минимизировать стресс свиней.
  - В идеале следует избегать уклонов или наклонов, но при необходимости уклона/наклона разгрузочной рампы он должен составлять 20 градусов или менее.
  - Напольное покрытие погрузочной платформы должно предотвращать скольжение и падение свиней.
    - Используйте поперечные планки или противоскользкий материал для пола.
    - Планки должны быть расположены равномерно.
- Обеспечьте надлежащее освещение в зоне разгрузки.
  - Свиньям легче передвигаться в хорошо освещенных местах без сильных перепадов света.
  - Это очень важно, когда свиньи перемещаются из трейлера в отстойник.
    - Обеспечить это может быть сложно, если прицеп не находится под навесом с хорошим источником света.
  - Освещение должно быть рассеянным и установлено достаточно высоко, чтобы источник света не отвлекал свиней.
    - Если установить светильники высоко невозможно, используйте однонаправленное освещение, чтобы свет не отвлекал свиней.
- Обеспечьте животным проход (от грузовика до станка), облегчающий их передвижение.
  - Перед началом разгрузки убедитесь, что открыты все нужные ворота.
  - Уберите все предметы с пути движения животных, так как они будут их отвлекать.
  - По возможности избегайте поворотов на 90 градусов и более.
- Переходы между типами полов, стоки в полу и отражения от воды, скопившейся на полу, будут отвлекать свиней и влиять на их движение.

### 3.3.6 Управление в секторе предубойного содержания

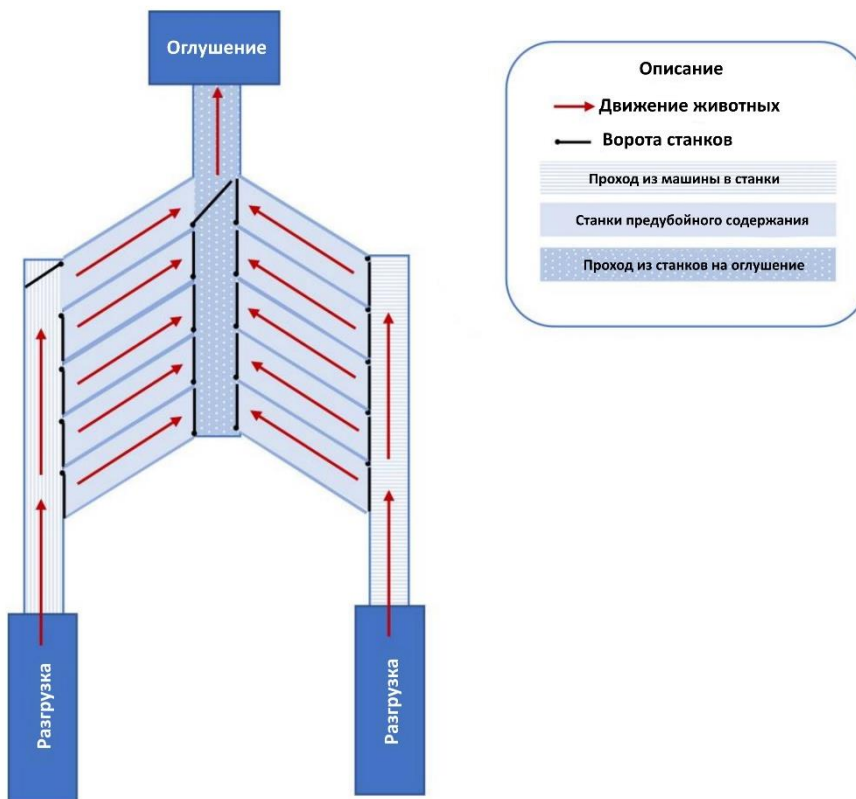
Время, которое свиньи проводят в секторе предубойного содержания (станки для содержания на бойне), помогает уменьшить стресс, который испытывают свиньи с момента выхода из своего станка на ферме до попадания в станок на бойне. Обеспечьте комфортные условия содержания для свиней, не создавая дополнительного стресса.

Когда животных выгоняют из станков предубойного содержания для оглушения, стресс невозможно уменьшить. Таким образом, в секторе предубойного содержания необходимо создать такие условия окружающей среды, которые помогут свиньям расслабиться и преодолеть любой стресс, возникший до этого момента.

### 3.3.6.1 Рекомендации по управлению в секторе предубойного содержания

- Регулирование температуры и вентиляции важно для комфорта свиней, когда они отдыхают в секторе предубойного содержания.
  - Чрезмерно высокие или низкие температуры могут вызвать стресс у свиней.
  - Поддерживайте температуру, близкую к той, к которой свиньи привыкли на ферме.
  - Необходимо наличие системы орошения для охлаждения свиней в жаркую погоду ( $> 27^{\circ}\text{C}$  /  $>80^{\circ}\text{F}$ ).
  - Не используйте воду с температурой ниже  $16^{\circ}\text{C}$  /  $60^{\circ}\text{F}$ , так как это может вызвать дополнительный стресс.
  - Для предотвращения чрезмерной концентрации аммиака, а также влажности, которая может вызвать стресс у свиней, необходима хорошая вентиляция.
- Конструкция станков предубойного содержания имеет решающее значение для эффективного перемещения свиней без стресса, наряду с достаточным временем для отдыха перед процессом убоя. Это помогает облегчить стресс, связанный с погрузкой, транспортировкой и разгрузкой.
  - Необходимо достаточное количество станков для того, чтобы обеспечить свиньям достаточное количество времени для отдыха после разгрузки.
    - В идеале все свиньи должны отдыхать от 3 до 12 часов после разгрузки.
    - Минимум, свиньи должны отдыхать 2 часа перед убоем.
      - Количество партий животных, получающих только 2-3 часа отдыха перед убоем, должно быть сведено к минимуму (т.е. 1-2 партии в конце смены).
    - Время отдыха от 16 до 24 часов и более может привести к потере выхода туши.
  - Станки в секторе предубойного содержания должны быть организованы таким образом, чтобы было легко перемещать свиней в станок и из него.
    - Идеальным является размещение станков для погрузки на одном конце, а для разгрузки - на противоположном.
    - Свиньи должны входить и выходить из станков под углом менее  $90$  градусов.
    - Оптимальной является схема типа "елочка" (рис. 3.31).

Рисунок 3.31 Расположение станков предубойного содержания по типу «елочка»



- Минимизируйте расстояния между зоной разгрузки и станками, а также между станками и зоной оглушения.
- Размеры станка должны соответствовать количеству свиней, доставляемых в одной партии.
  - Избегайте смешивания нескольких партий в одном станке.
  - Минимальная плотность содержания свиней в станке должна составлять 0,56 м<sup>2</sup>/6,0 футов<sup>2</sup> на голову.
    - Для соблюдения рекомендаций по плотности посадки необходимо скорректировать размер партии или количество свиней, размещаемых в станках предубойного содержания.
- Обеспечьте надлежащее освещение во всем помещении.
  - Свиньи легче передвигаются в хорошо освещенных местах без сильных перепадов света.
  - Освещение должно быть рассеянным и установлено достаточно высоко, чтобы источник света не отвлекал свиней.
    - Если установка светильников высоко невозможна, используйте однонаправленное освещение, чтобы свиньи не отвлекались на свет, когда они перемещаются из трейлера в станок или из станка на оглушение.
  - Правильное освещение на "последнем пути" от станка до оглушения очень важно, так как отвлечение внимания в этот момент приводит к стрессу, который не может быть устранен до убоя.
- Переходы между типами пола, дренаж пола, блики от скопившейся воды или предметы на полу - все это отвлекает свиней. Все это может повлиять на движение свиней и вызвать у них стресс.

### 3.3.7 Оглушение свиней

Стресс, которому подвергается свинья при оглушении, вероятно, больше всего влияет на качество мяса. Оглушение - это момент, когда дальнейшее вмешательство невозможно. Любой стресс для свиньи оказывает длительное влияние на формирование качества мяса.

Методы оглушения, при которых свиней перемещают по специальным желобам в один ряд друг за другом (рис. 3.32), вызывают у свиней больший стресс, чем групповое перемещение свиней. При перемещении свиней в один ряд очень трудно, если вообще возможно, устранить стресс, связанный с оглушением и перегонкой. Новые системы оглушения с помощью CO<sub>2</sub> позволяют перемещать свиней в камеру оглушения группами, и управлять ими гораздо проще (рис. 3.32). Неправильные настройки камеры оглушения также могут способствовать возникновению стресса и/или дефектов мяса.

**Рисунок 3.32 Типы перемещения свиней на оглушение**



**Оглушение при помощи CO<sub>2</sub>, свиньи перемещаются в один ряд**



**Оглушение при помощи CO<sub>2</sub>, свиньи перемещаются группами**

### 3.3.7.1 Рекомендации по управлению при однорядном перемещении свиней

- Ключом к снижению стресса при однорядном перемещении свиней является поддержание как можно более равномерного движения свиней.
  - Избегайте стресса свиней до однорядного движения по желобам.
    - Если свиные испытывают стресс перед входом в желоб, их будет трудно перемещать.
  - Поддерживайте постоянный поток свиней из станков в желоба.
    - Свиные с большей вероятностью продолжат движение, если они следуют за другой свиной.
    - Свиной следует перемещать группами, достаточно большими для поддержания постоянного потока движения, но не настолько большими, чтобы свиной нельзя было перемещать без дополнительного стресса.
      - Для этого может потребоваться более одного человека, чтобы вывести свиней из станка.
  - Минимизируйте использование электрических погонялок для перемещения свиней по желобам.
    - Не следует использовать электрические погонялки на свиных, которые уже двигаются, так как это может остановить движение.
  - Обеспечьте надлежащее освещение на пути от станка до камеры оглушения.
    - Освещение имеет решающее значение, когда свиные входят желоба и затем в камеру оглушения.
      - Освещение должно быть рассеянным и установлено достаточно высоко, чтобы источник света не отвлекал свиней.
      - Если высокая установка светильников невозможна, используйте однонаправленное освещение, чтобы свет не отвлекал свиней.
  - Избегайте громких звуков, так как они могут напугать (вызвать стресс) свиней и помешать их движению.

### 3.3.7.2 Рекомендации по управлению при групповом перемещении свиней

- Групповое движение свиней должно быть непрерывным. Не нужно сильно толкать свиней для поддержания заданной скорости.
  - В большинстве ситуаций размер группы, выгоняемой из станка, диктуется вместимостью 2-3 гондол камеры оглушения CO<sub>2</sub>.
    - Если гондола вмещает 7 свиней, то за один раз из станка следует выгонять 14 или 21 свиной.
    - Затем свиные будут разделены на группы по 7 голов на автоматических воротах камеры оглушения.
    - Исходя из большинства используемых циклов работы камеры с CO<sub>2</sub> и конфигураций секторов предубойного содержания, это должно обеспечить необходимую скорость линии переработки.
  - Перемещение свиней из станка к автоматическим воротам должно быть организовано так, чтобы, когда свиные придут к автоматическим воротам, им не пришлось ждать входа в зону автоматических ворот.
    - Задержки могут привести к тому, что свиные откажутся двигаться после остановки, что может вызвать стресс у свиней.
- Обеспечьте надлежащее освещение от загона до камеры оглушения.
  - Когда свиные входят в камеру оглушения, освещение имеет критически важное значение.
    - Освещение должно быть рассеянным и установлено достаточно высоко, чтобы источник света не отвлекал свиней.
    - Если высокая установка светильников невозможна, используйте однонаправленное освещение, чтобы свет не отвлекал свиней.
- Избегайте громких звуков, поскольку они могут напугать (вызвать стресс) свиней и помешать их движению.

### 3.3.7.3 Рекомендацию по управлению при оглушении электрическим током

- Настройки и обслуживание оборудования для электрооглушения имеют решающее значение для обеспечения эффективного оглушения каждой свиньи.
  - Для эффективного оглушения с точки зрения благополучия свиней настройки системы оглушения должны обеспечивать ток не менее 1,25 ампера на каждую свинью.
    - В системе электрического оглушения с постоянной силой тока сила тока должна быть установлена на уровне 1,25 ампера.
    - При использовании системы постоянного напряжения, предполагая среднее сопротивление 250 Ом, напряжение должно быть установлено на 313 В, чтобы обеспечить необходимые 1,25 ампера.
      - В зависимости от изменения сопротивления может потребоваться увеличение напряжения для обеспечения эффективного оглушения.
  - Ток должен подаваться на свинью в течение минимум 3 секунд и не более 5 секунд.
  - Эти настройки являются базовыми. Регулируйте их по мере необходимости в каждой системе, чтобы обеспечить эффективное оглушение и минимизировать количество дефектов туши (сломанные кости, кровоизлияния и остатки крови).
  - Электроды необходимо регулярно чистить и при необходимости заменять.
    - Многие предприятия разрабатывают свои собственные электроды для наилучшего их использования и доступности при замене.
    - Грязные или изношенные электроды могут увеличить сопротивление на 200 Ом.
  - Необходимо регулярно проводить профилактическое обслуживание всех компонентов системы электрооглушения для обеспечения ее правильной работы.
- Размещение электродов имеет решающее значение для обеспечения эффективного оглушения (рис. 3.18).
  - Головные электроды следует размещать за ухом свиньи и на уровне ее глаз.
  - Они НЕ должны использоваться на шее.
  - Если используется оглушение "голова - сердце", сердечный зонд следует поместить за передней ногой.
- Перед оглушением свиней следует опрыскать водой для улучшения проводимости.
  - Вода снизит сопротивление, что позволит эффективно оглушать при более низком напряжении.
- Системы электрического оглушения с клиновидными ремнями должны поддерживаться в надлежащем состоянии. Используйте их только на тех свиньях, для которых они рассчитаны.
  - Проверяйте скорость движения ремней ограничителя, чтобы убедиться, что ремни движутся равномерно.

### 3.3.7.4 Рекомендации по управлению при оглушении с помощью CO<sub>2</sub>

- Концентрация CO<sub>2</sub> и время воздействия два наиболее важных элемента для обеспечения эффективного оглушения и минимизации стресса.
  - Концентрация CO<sub>2</sub> определяет, как быстро свиньи потеряют сознание. Время воздействия (или выдержки) важно для обеспечения того, чтобы свиньи оставались в бессознательном состоянии.
  - Уровень CO<sub>2</sub> на первой остановке гондолы должен быть достаточно высоким, чтобы свиньи потеряли устойчивость и прекратили издавать звуки после 20 секунд воздействия газа.
    - Обычно требуется концентрация CO<sub>2</sub> 88%, но в некоторых случаях может потребоваться концентрация до 96%.
    - Уровень CO<sub>2</sub> ниже 88% может лишить свиней чувствительности, но редко вызывает потерю сознания менее чем за 20 секунд.
    - Каждая система CO<sub>2</sub> может быть настроена по-разному, поэтому правильная концентрация CO<sub>2</sub> для одной бойни может быть не столь эффективна на другой бойне.
    - В прохладную погоду (< 7°C / 45°F) концентрацию CO<sub>2</sub>, возможно, придется увеличить.
      - Если свиньи не теряют сознание достаточно быстро или возвращаются в сознание, уровень CO<sub>2</sub>, скорее всего, необходимо увеличить.
    - Необходимо знать расположение датчика(ов) CO<sub>2</sub>.

- Время воздействия CO<sub>2</sub> должно быть достаточно долгим, чтобы свиньи оставались в бессознательном состоянии до наступления смерти, но не настолько долгим, чтобы затруднить удаление крови из туши.
  - Время воздействия менее 90 секунд может привести к тому, что свиньи придут в сознание перед смертью, даже при уровне CO<sub>2</sub> 95%.
  - Время воздействия более 180 секунд может привести к проблемам с удалением крови, что проявляется в виде синюшности.
  - Для того чтобы поддерживать скорость движения линии, может потребоваться увеличить или уменьшить количество свиней, загоняемых в гондолу, в зависимости от того, насколько сильно изменяется время воздействия.
    - Никогда не помещайте в гондолу больше рекомендованного количества свиней для уменьшения времени воздействия.
    - При уменьшении времени воздействия неиспользование одной из гондол может быть эффективным вариантом для поддержания скорости движения линии и избежания необходимости изменения количества свиней в гондоле.
- Никогда не загружайте больше рекомендованного количества свиней в одну гондолу.
- Регулярно проверяйте датчик CO<sub>2</sub>, чтобы убедиться в его исправности.

### 3.3.8 Обескровливание свиней

Своевременное обескровливание (оглушение/обескровливание) очень важно, чтобы смерть свиньи наступила в результате потери крови. Если обескровливание задерживается, животные могут снова прийти в сознание, что неприемлемо с точки зрения благополучия. Своевременное обескровливание также важно для обеспечения максимального извлечения крови из туши. Задержка обескровливания может привести к свертыванию крови и препятствовать удалению крови из туши.

#### 3.3.8.1 Рекомендации по обескровливанию

- Время обескровливания зависит от типа оглушения.
  - Свиньи, подвергнутые обратимому электрическому оглушению только через голову, должны быть обескровлены в течение 10 секунд после оглушения.
  - Свиньи, подвергнутые необратимому оглушению через голову и тело, вызывающему фибрилляцию сердца, должны быть обескровлены в течение 30 секунд после оглушения.
  - Свиньи, подвергнутые оглушению с помощью CO<sub>2</sub>, должны быть обескровлены в течение 60 секунд. По возможности это время не должно превышать 90 секунд.
    - Время рассчитывается с момента выхода свиней из гондолы до того момента, когда последняя свинья из этой гондолы будет обескровлена.
- Применяйте надлежащее оборудование и соответствующие процедуры.
  - Используйте нож с лезвием длиной 15-20 см (6-8 дюймов) и шириной 2,5 см (1 дюйм), оба края которого заточены (рис. 3.33).



**Рисунок 3.33 Нож для обескровливания**



- Вставьте нож по средней линии в углубление над грудной костью. Направьте нож в сторону сердца, чтобы перерезать крупные кровеносные сосуды вблизи сердца.
- После введения ножа поверните его на 90 градусов, а затем извлеките нож.
  - В результате образуется рана в форме буквы "Т", которая поможет предотвратить свертывание крови.
- Размер раны от закалывания должен составлять от 2,5 до 3,7 см (1-1,5 дюйма) в ширину.
- Во время процесса кровотечения используйте перекладки для головы.
  - Первая перекладка должна быть расположена так, чтобы туша подошла к ней менее чем через 1 минуту после закалывания.
  - После первой перекладки голова туши должна подходить к следующей перекладке каждые 30 секунд. При необходимости установите дополнительные перекладки, чтобы обеспечить это.
- Нет необходимости выделять на процесс сбора крови более пяти минут, так как большая часть крови удаляется в течение 4 минут после обескровливания.

### **3.3.9 Период оглушение - охлаждение**

Время с момента оглушения свиньи до начала процесса охлаждения является критическим с точки зрения температуры туши. На большинстве современных убойных предприятий время от оглушения до охлаждения составляет от 25 до 45 минут.

В течение этого времени при удалении щетины (ошпаривание и опаливание) туша может дополнительно нагреваться. Для отвода тепла от туши очень важно удалить внутренние органы.

Использование буферных подвесных путей (отводов) для накопления путовых цепей без туш может повлиять на длительность периода оглушение-охлаждение, если ими не управлять должным образом.

Это также может повлиять на скорость снижения температуры непосредственно после убоя. Важно как можно быстрее начать процесс охлаждения туши, при минимальном воздействии источников тепла, которые могут повысить температуру туши.

### 3.3.9.1 Рекомендации для периода огушение – охлаждение

- Управляйте продолжительностью периода огушение-охлаждение.
  - Время от огушения до охлаждения должно составлять менее 45 минут.
  - Сведите к минимуму остановки линии, которые увеличивают время от огушения до охлаждения.
    - Надлежащее профилактическое обслуживание оборудования поможет предотвратить остановки на линии.
  - Следует избегать или минимизировать использование буферных подвесных путей, поскольку это увеличивает длительность период огушение-охлаждение.
  - Избегайте "холостого" пространства на линии, где не происходит никаких процессов.
- Управляйте количеством тепла, действующего на тушу.
  - Снижайте температуру воды для ошпаривания до уровня, позволяющего эффективно удалять щетину.
    - Продолжительность ошпаривания может влиять на температуру, необходимую для эффективного удаления щетины.
      - При малой продолжительности ошпаривания может потребоваться немного более высокая температура.
    - Часто приходится действовать методом проб и ошибок, понижая или повышая температуру, чтобы определить минимальную температуру, необходимую для эффективного удаления щетины.
    - При использовании шпарильного чана температура в 60°C (140°F) обычно является достаточной для эффективного удаления щетины в нормальных условиях, при этом время ошпаривания составляет 6-8 минут.
    - Температура может быть увеличена до 61°C (142°F) в период жесткой щетины или при убое свиней с высоким процентом рыжей или черной щетины.
    - Если возможно, удаляйте свиней из шпарильного чана на время остановок линии.

### 3.3.10 Охлаждение туш

Охлаждение туши - это критически важный, заключительный компонент в формировании качества мяса. До сих пор каждый процесс, описанный в "Руководстве по управлению качеством мяса", основывается на предыдущих процессах. В некоторых случаях последующий процесс обработки может частично исправить нарушения на предыдущем этапе (например, отдых в зоне предубойного содержания после транспортировки). Однако в случае с охлаждением туши дело обстоит иначе.

Самое лучшее охлаждение туш не может исправить проблемы, возникшие ранее (например, слишком сильный стресс, полученный свиньями непосредственно перед убоем). Оно, как правило, сохраняет качество мяса, достигнутое до начала процесса охлаждения. И наоборот, плохое охлаждение может привести к ухудшению качества мяса, даже если соблюдены другие пункты данного руководства.

Не все предприятия имеют возможность использовать шоковое охлаждение, но все же они могут применять методы улучшения качества и/или минимизации отклонений качества при использовании обычных систем охлаждения.

#### 3.3.10.1 Общие рекомендации по охлаждению

- Для получения оптимального качества мяса температура внутренней части корейки должна быть ниже 32°C (90°F) через 1,5-2 часа после убоа и ниже 13°C (55°F) через 4-5 часов после убоа.
- Для получения оптимального качества мяса температура внутренней части окорока должна быть ниже 32°C (90°F) через 3,5 - 4 часа после убоа и ниже 13°C (55°F) через 7 - 8 часов после убоа.
- Для получения оптимального качества мяса температура внутренней части лопатки должна быть ниже 32°C (90°F) через 3,5 - 4 часа после убоа и ниже 13°C (55°F) через 7 - 8 часов после убоа.

### 3.3.10.2 Рекомендации по шоковому охлаждению туши

- Правильное шоковое охлаждение предполагает низкие температуры и быстрое движение воздуха.
  - Отрегулируйте сочетание этих параметров для увеличения скорости охлаждения туши.
    - Например, настройка  $-15^{\circ}\text{C}$  ( $5^{\circ}\text{F}$ ) при скорости вентилятора 10 м/с (33 фута/с) может дать такую же кривую охлаждения туш, как и настройка  $-25^{\circ}\text{C}$  ( $-13^{\circ}\text{F}$ ) при скорости вентилятора 5 м/с (16,5 футов/с).
- Во время процесса шокового охлаждения расположите туши так, чтобы между ними мог проходить воздух для усиления конвективного охлаждения.
- Наилучшая скорость охлаждения достигается, когда в первые 30-60 минут процесса шокового охлаждения наблюдаются самая низкая температура и самая высокая скорость движения воздуха для конвективного охлаждения.
  - Направление воздушного потока на премиальные отруба может повысить скорость их охлаждения.
  - В процессе шокового охлаждения на туше должен образоваться тонкий замороженный слой (корка).
  - Уши и щеки, скорее всего, замерзнут, но премиальные части туши (например, грудинка) не должны замерзнуть внутри.

### 3.3.10.3 Рекомендации по охлаждению туш в секторе выравнивания температуры

- После обычного охлаждения туши сразу же поступают в сектор выравнивания температуры. Туши, подвергнутые шоковой заморозке, поступают туда после процесса шоковой заморозки.
- Во время процесса выравнивания температуры, скорость воздуха и расстояние между тушами играют решающую роль в охлаждении туш.
  - Типичная температура выравнивания должна составлять от  $-1$  до  $2^{\circ}\text{C}$  (от  $30$  до  $36^{\circ}\text{F}$ ).
    - Температура часто опускается ниже в первой половине процесса выравнивания, а затем повышается, чтобы обеспечить быстрое снижение температуры туш. Это помогает избежать охлаждения туш до такой степени, что их трудно будет разделить на отруба.
    - Температуры ниже  $-1^{\circ}\text{C}$  ( $30^{\circ}\text{F}$ ) могут повысить скорость охлаждения туши, если эти температуры достижимы.
      - Это особенно актуально при обычном охлаждении.
  - Движение воздуха в ходе выравнивания температуры необходимо для отвода теплого воздуха от туш.
    - Обычно скорость воздушного потока составляет менее 3 м/с (10 футов/с).
    - После первых 10-12 часов выравнивания скорость вентилятора следует снизить до 50% или менее, чтобы предотвратить высыхание туш.
  - Правильно располагайте туши для оптимального охлаждения.
    - Рекомендуется минимальное расстояние между разногами 23 см (9 дюймов).
    - Расстояние между направляющими рельсами должно составлять минимум 0,61 м (24 дюйма), чтобы обеспечить достаточное движение воздуха между тушами во время охлаждения.
  - Использование распыления воды в процессе выравнивания может улучшить динамику охлаждения.
    - Распыление воды следует рассматривать при обычном охлаждении.
    - При недостаточном расстоянии между тушами следует рассмотреть возможность опрыскивания их водой.

# Качество свиного жира



В то время как качество постного мяса, как обсуждалось ранее, является ключевым аспектом, качество жира (которое лучше всего определяется твердостью) также играет важную роль в общем качестве мяса. Жир является съедобной частью многих свиных отрубов, таких как грудинка, ребрышки, а также присутствует в качестве обрезков на премиальных и бескостных отрубях.

Мягкий жир часто приводит к отделению жировой прослойки и может быть частично причиной отделения мышечной ткани в окороке и плече. Было обнаружено, что мягкий жир в грудинке снижает выход нарезки как обычного бекона, так и бекона для микроволновой печи. В целом, мягкий жир вызывает проблемы с внешним видом продукта при упаковке свинины. Мягкий жир может привести к тому, что бекон будет выглядеть маслянистым/мокрым или прозрачным, не будет иметь четкой формы ломтиков при вакуумной упаковке и приведет к ускорению окисления (прогоркания). Мягкий жир также может вызывать проблемы с внешним видом колбасы и снижать выход эмульсионных продуктов, таких как болонья. В целом, мягкий жир приводит к ухудшению "обрабатываемости" продукта и его внешнего вида, а также к повышенной склонности к прогорканию.

Жир также является компонентом вкуса свинины. В некоторых продуктах, таких как испанский окорок Иберико, жиром манипулируют с помощью рационов кормления, чтобы повысить уровень жирных кислот C18:1. Это улучшает вкусовые качества свинины. И наоборот, при скормливании свиньям определенных жиров (например, рыбьего жира или льняного масла) в составе жирных кислот повышается доля длинноцепочечных (> 20 углеродов) полиненасыщенных жирных кислот, которые могут вызывать "рыбный" запах или вкус свинины.

Поскольку за последние 30 лет товарные свиньи стали более постными, качество жира стало одним из ключевых признаков, определяющих ценность туши. В последние несколько лет внимание к качеству жира усилилось в связи с ростом цен на корма. При составлении рационов с наименьшей стоимостью иногда используются ингредиенты, которые могут ухудшить качество жира, а также снизить ценность свиной грудинки.

В этом разделе мы рассмотрим измерение количества жира, факторы, влияющие на качество жира, и методы управления качеством жира.

## 4.1 Измерение качества свиного жира

### 4.1.1 Ключевые показатели

Твердость жира можно определить с помощью химических или физических измерений. Химические измерения требуют лабораторного анализа, в то время как физические измерения включают в себя измерения, которые могут быть проведены на бойне. Вот некоторые примеры:

#### Химические измерения твердости жира

1. Йодное число (ИЧ)
  - а. Напрямую коррелирует с твердостью жира.
  - б. В настоящее время является "золотым стандартом" для оценки твердости жира.
  - в. Уровень ненасыщенных жиров, выраженный в количестве йода, поглощенного образцом жира.
  - г. Количество двойных связей в жирных кислотах, используемое для определения уровня ненасыщенности жира.
2. Анализ жирных кислот
  - а. Соотношение различных жирных кислот напрямую связано с ИЧ и влияет на него.
  - б. Некоторые жирные кислоты можно использовать в качестве индикатора твердости жира.

#### Физические измерения твердости жира

1. Цвет жира
  - а. Цвет жира характеризует твердость.
    - і. Белый жир более твердый, а желтый - более мягкий.
  - б. Линоленовая кислота (ненасыщенная жирная кислота) придает жиру желтый цвет.
2. Измерения на премиальных отрубях
  - а. Субъективное измерение твердости.
  - б. Включает метод провиса/перегиба и измерение толщины грудинки.
  - в. Более упругие грудинки будут толще и будут меньше прогибаться или свисать при перегибе.
3. Выход нарезки бекона
  - а. Более упругая грудинка дает больший выход нарезки.
  - б. Влияние твердости на выход нарезки может быть не обнаружено, если грудинка не была тщательно охлаждена перед нарезкой.

### 4.1.2 Измерения качества свиного жира

#### 4.1.2.1 Йодное число и жирные кислоты

Йодное число, как указано выше, является показателем ненасыщенности жирных кислот в жире. Оно выражается в количестве йода, поглощенного 100-граммовым образцом жира. Ненасыщенные жирные кислоты содержат двойные связи, и каждая из двойных связей поглощает йод.

Для прямого определения йодного числа используется метод Вийса/Хануса. Некоторые лаборатории до сих пор используют метод Вийса/Хануса, хотя он считается устаревшим по сравнению с более новыми технологиями, такими как газовая хроматография (ГХ) и спектроскопия в ближней инфракрасной области (БИК), которые менее трудоемки и/или позволяют быстрее проводить анализ.

Газовая хроматография не позволяет напрямую рассчитать ИЧ, но может определить количество каждой отдельной жирной кислоты. Затем рассчитывается ИЧ в образце жира с помощью уравнения Американского общества нефтехимиков (AOCS) (1998):  $[ИЧ = (\%C16:1 * 0,95) + (\%C18:1 * 0,86) + (\%C18:2 * 1,73) + (\%C18:3 * 2,62) + (\%C20:1 * 0,79) + (\%C22:1 * 0,723)]$ .

Поскольку ГХ позволяет получить концентрации отдельных жирных кислот, эти концентрации могут быть использованы для прогнозирования упругости. В большинстве обычных рационов для свиней линоленовая кислота (C18:2) является преобладающей полиненасыщенной жирной кислотой, которая оказывает негативное влияние на твердость жира. Некоторые используют ее вместо ИЧ. Однако ИЧ гораздо надежнее, поскольку рационы питания продолжают меняться. Нетрадиционные ингредиенты, не учитываемые в уравнении AOCS, могут быть включены в рацион и влиять на твердость жира.

В течение многих лет ГХ считался "золотым стандартом" для анализа качества жира, поскольку он очень точен, но он может быть довольно дорогим (40 - 100 долларов США за образец), в зависимости от лаборатории, которая проводит анализ. Кроме того, время выполнения анализа образца обычно длительное (около 2 недель).

В последние годы в отрасли наблюдается значительный переход на технологию NIR для анализа качества жира. Анализ жира с помощью NIR является быстрым, точным и недорогим, особенно при проведении регулярных анализов. Большинство убойных предприятий США, проводящих регулярный анализ качества жира, используют собственные NIR-аппараты для определения качества жира.

Стоимость аппаратов NIR в США обычно составляет от 90 000 до 100 000 долларов, но первоначальные инвестиции быстро окупаются за счет отказа от использования внешних лабораторий для анализа качества жира. Оборудование NIR также может быть использовано для других общих лабораторных процедур, регулярно выполняемых на большинстве убойных предприятий. При сборе большого количества образцов для регулярного анализа ИЧ жира, окупаемость инвестиций обычно происходит в течение 1-2 лет.

Два основных метода проведения NIR-анализа включают анализ твердого или жидкого жира. Анализ твердого жира требует минимальной подготовки образца, в то время как образцы для анализа жидкого жира должны быть расплавлены перед анализом. Оба метода отличаются высокой точностью по сравнению с результатами ГХ.

Во внутренних исследованиях PIC корреляция анализа твердого жира с помощью NIR с результатами ГХ составила 0,97. Корреляция анализа жидкого жира с помощью NIR с результатами ГХ-анализа составила 0,99. Учитывая дополнительные трудозатраты, связанные с плавлением жира для жидкого анализа при незначительном повышении точности, становится понятно, что метод твердого жира предпочтительнее. Увеличение скорости обработки образцов и/или трудозатрат также имеет значение.

Отбор проб - еще один важный аспект определения ИЧ и анализа жирных кислот. Во-первых, место отбора проб должно быть постоянным. Выберите место на туше для отбора проб и соблюдайте последовательность отбора проб, чтобы обеспечить отбор и анализ одних и тех же жировых прослоек. Три места, из которых обычно берутся пробы, включают грудинку, жир с лопатки/корейки, и щековину. Образцы жира грудинки и лопатки/корейки относительно легко отобрать, но отбор слишком больших образцов может негативно сказаться на стоимости туши.

ИЧ жира грудинки лопатки/корейки обычно коррелирует с качеством жира. Эти два места реагируют на изменения в кормлении в течение последних 4-6 недель периода выращивания свиней, которые могут повлиять на качество жира. Щековинный жир прост в сборе и менее разрушителен для туши. ИЧ жира щековины менее показательно с точки зрения изменений в рационе в течение последних 4-6 недель перед убоем. С учетом всех факторов, рекомендуется отбирать пробы жира из грудинки или лопатки/корейки.

Лучше всего отбирать пробы после охлаждения туш, чтобы обеспечить более точный и менее разрушительный отбор проб. Для отбора проб используйте нож, скальпель, ножницы для мяса или пробоотборник. На большинстве убойных предприятий при использовании ножа или скальпеля требуется применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), но при использовании ножниц или пробоотборника СИЗ может не потребоваться. Использование ножа для отбора образцов менее точно и может повредить тушу или отруб. Использование скальпеля более точно и менее разрушительно, но может занять много времени. Пробоотборник работает быстро и точно, обеспечивая последовательный отбор проб, оставляя минимальные повреждения на туше. Использование пробоотборника с

аккумуляторной дрелью (рис. 4.1) является одним из наиболее эффективных методов отбора проб. РИС рекомендует включать в пробу кожу, поскольку это дает точку отсчета для анализа образца, особенно для последовательного измерения одного и того же жирового слоя (слоев).

**Рисунок 4.1** Пробоотборник с аккумуляторной дрелью для отбора проб



Для составления характеристики популяции выборка должна репрезентативно представлять популяцию. Не отбирайте пробы от слишком легких или тяжелых туш, а также не отбирайте пробы только по средним тушам. Отбор проб должен происходить в пределах двух стандартных отклонений от среднего веса, чтобы учесть вариации. Пол также должен быть одинаково представлен в выборке. Также в целом допустимо отбирать пробы только у представителей одного пола, но это необходимо учитывать при сравнении с другими смешанными или противоположными по полу данными.

Следующим фактором, который необходимо учитывать, является количество отбираемых проб. ИЧ варьируется от свињи к свињи и характеризуется высоким стандартным отклонением. В большинстве коммерческих популяций стандартное отклонение составляет от 2,4 до 4,0 единиц ИЧ. Многие считают, что изменение на 1,0 единицу ИЧ имеет практическое значение, поэтому важно иметь возможность обнаружить изменение в 1,0 единицу со статистической достоверностью.

В таблице 4.1 приведена статистически определяемая разница в зависимости от стандартного отклонения популяции и размера выборки. Из этой таблицы следует, что при объеме выборки в 80 проб определяемая разница между анализируемыми группами составляет от 1,1 до 1,6 единиц ИЧ в зависимости от стандартного отклонения. Исходя из этой таблицы, количество проб, равное 80 будет находиться на нижнем пороге количества проб, необходимых для получения статистически достоверных результатов, опять же в зависимости от стандартного отклонения.

Таблица 4.1 Определяемая разница в йодном числе (тело таблицы) на основе объема выборки и стандартного отклонения ИЧ

Размер выборки	Стандартное отклонение ИЧ				
	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50
10	3,1	3,5	3,8	4,1	4,4
20	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1
40	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2
80	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6
100	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
150	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1
200	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0
250	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
500	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
1000	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4

Другой аспект, который необходимо учитывать, - это то, как будут анализироваться наборы данных. Если для выявления изменений сравниваются разные производственные недели, то необходимо собирать не менее 80 образцов в неделю. Если же для выявления изменений сравниваются производственные месяцы, то необходимо собирать не менее 20 образцов в неделю.

#### 4.1.2.2 Цвет жира

Более высокий уровень полиненасыщенных жирных кислот приводит к повышению ИЧ и снижению твердости жира. Это может вызвать увеличение уровня бета-каротина, который меняет цвет жира с белого на желтоватый. Таким образом, оценка цвета жира может указывать на твердость жира.

Для объективного определения цвета жира можно использовать колориметр для измерения значений CIE L\* a\* b\*, при этом более низкие значения L\* и более высокие значения b\* указывают на меньшую твердость жира. Субъективная система оценки, которая основана на японских стандартах цвета (рис. 4.2), также может быть использована для определения цвета жира. Японский стандарт цвета свиного жира представляет собой 4-балльную систему, где 1 - белый, а 4 - желтоватый/коричневый цвет. Хотя японские цветовые стандарты можно приобрести в Интернете на сайте ([http://hamukumi.lin.gr.jp/color\\_standard.html](http://hamukumi.lin.gr.jp/color_standard.html)), их может быть трудно купить без содействия японской стороны.

Рисунок 4.2 Японские стандарты цвета для жира



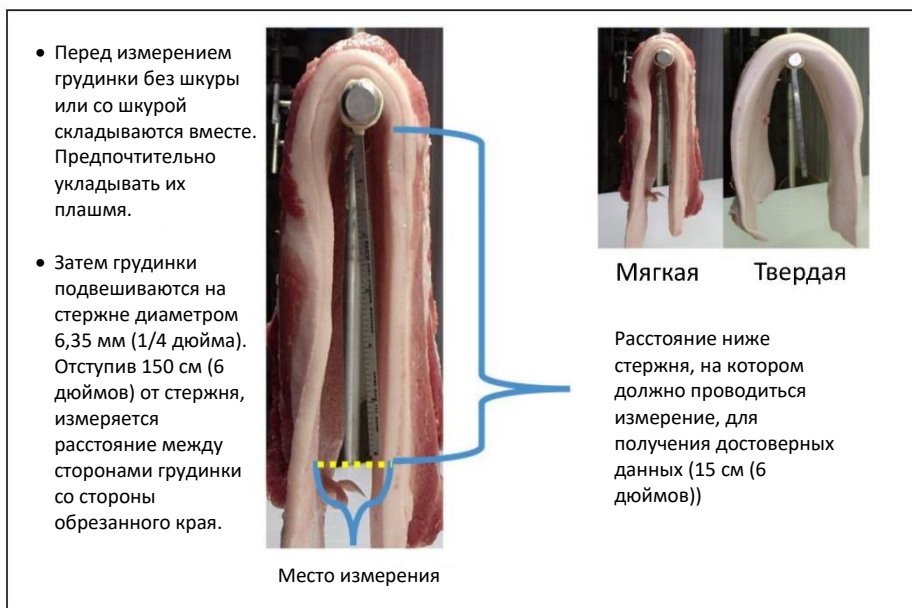
#### 4.1.2.3 Измерения твердости/качества жира на премиальных отрубях

Большинство измерений на премиальных отрубях проводится на грудинке, но есть измерения, разработанные для корейки и шеи. Наиболее распространенным объективным показателем твердости грудинки является провис или



перегиб грудинки. Существует много различных вариаций этого метода, но основной принцип заключается в том, чтобы перегнуть грудинку через планку и определить, насколько сильно ее края свисают с каждой стороны планки. Можно измерить расстояние между нижними краями грудинки или на стандартном отступлении от перекладины (рис. 4.3). Важно, чтобы перед измерением грудинки находились в горизонтальном положении и не складывались перед тем, как положить их на перекладину.

**Рисунок 4.3 Измерение качества грудинки методом провиса/перегиба**



Основываясь на этом же принципе, в разных компаниях были разработаны многочисленные собственные системы субъективной оценки для определения твердости грудинки или корейки, для чего необходимо взять грудинку в руки и согнуть ее. Эти методы являются грубыми, но позволяют отделить хорошее качество жира от плохого в этих отрубках. Также были разработаны методы оценки упругости шеи части, которые основаны на том, насколько хорошо шея сохраняет свою форму.

Для всех вышеперечисленных методов измерения качества жира необходимо поддерживать постоянную температуру оцениваемых продуктов, поскольку при низких температурах жир обычно более твердый, чем при высоких.

Иногда используются также такие показатели, как вес/выход грудинки и толщина грудинки. Более тяжелая грудинка с высоким выходом, обычно, имеет большую твердость, при условии, что она не имеет слишком высокую постность. Большая толщина грудинки часто ассоциируется с более твердой грудинкой, поскольку более толстая грудинка будет более тяжелой и более жирной.

#### 4.1.2.4 Выход беконной нарезки

Тесты на выход беконной нарезки часто проводятся для определения экономических последствий низкого качества жира. Такие тесты обычно проводятся в коммерческих условиях и оценивают весовой выход различных категорий бекона. Эти тесты нелегко проводить, поскольку отслеживание конкретных кусков грудинки в условиях коммерческой нарезки затруднено. Поэтому такие тесты обычно проводятся на группах или партиях грудинки.

Условия обработки, такие как температура грудинки при нарезке и степень инъектирования, также могут повлиять на процесс проверки качества жира. Например, если грудинка плохо охлаждена и/или степень инъектирования слишком высока, она будет иметь низкий выход нарезки независимо от того, является ли жир твердым или мягким. Хотя тесты на выход нарезки сложны в проведении и не относятся к стандартной оценке качества жира, они полезны для оценки экономических последствий изменения рациона свиней для повышения твердости жира.

## 4.2 Факторы, влияющие на качество жира

На состав и качество жира могут влиять многие факторы, включая генетику, рацион, кормление, структуру туши, возраст животного, массу тела, пол, анатомическое расположение жира и скорость роста. Кормление является ключевым фактором, который может быстро повлиять на качество жира. В этом разделе мы рассмотрим факторы, влияющие на качество жира.

### 4.2.1 Биологические аспекты качества жира

Понимание химического состава жира необходимо для понимания факторов, влияющих на качество жира в целом. Жир состоит из нескольких компонентов, включая жир (триглицериды, или сочетание глицерина и жирных кислот), воду и белок. Жирные кислоты можно разделить на три категории по их химической структуре или степени насыщенности: 1) насыщенные жирные кислоты (без двойных связей), 2) мононенасыщенные жирные кислоты (1 двойная связь) и 3) полиненасыщенные жирные кислоты (2 и более двойных связей) (рис. 4.4). Насыщенность жирных кислот определяет температуру плавления жира (твердость). Высоконасыщенный жир (более твердый) имеет более высокую температуру плавления, чем ненасыщенный жир (более мягкий) (рис. 4.5).

Пищевые жиры и углеводы являются источниками длинноцепочечных жирных кислот для синтеза жиров в организме млекопитающих. Пищевые жиры легко преобразуются в жир туши. Образованный таким образом жир в туше приобретает общие характеристики пищевого жира (мягкий пищевой жир = мягкий жир туши). Часто говорят: "Свинья - это то, что она ест".

Пищевые углеводы преобразуются в жир в организме в процессе, называемом синтезом жирных кислот *de novo*. В результате образуются насыщенные и мононенасыщенные жирные кислоты, которые дают более твердый жир в туше (жир с более низким ИЧ). Хотя пищевые углеводы используются для синтеза жирных кислот, большинство млекопитающих, включая свиней, не способны присоединять двойную связь после  $\Delta 9$  позиции в жирной кислоте, синтезированной в процессе *de novo*. Таким образом, свиньи могут образовывать насыщенные и мононенасыщенные жирные кислоты только из углеводов. Для включения полиненасыщенных жирных кислот в состав жира туши им необходимы незаменимые жирные кислоты (полиненасыщенные жирные кислоты, такие как линоленовая кислота) из пищевого источника жира.

Рисунок 4.4 Классификация жирных кислот

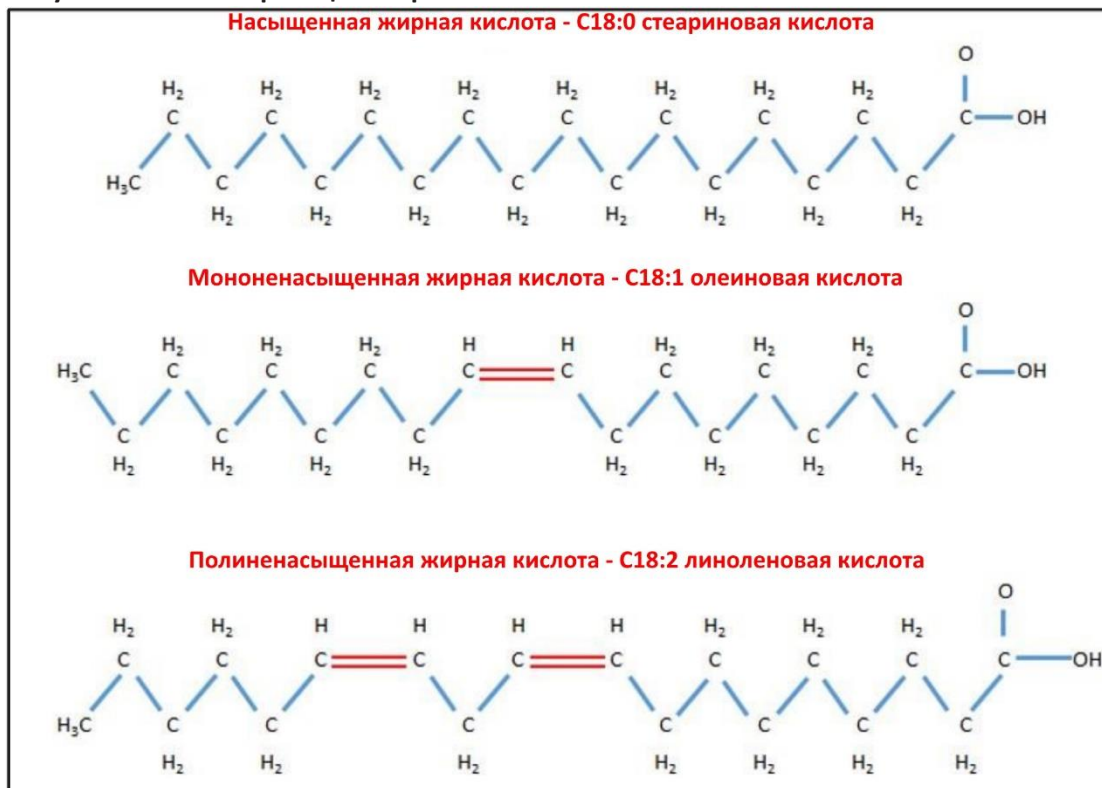


Рисунок 4.5 Как состав жирных кислот влияет на физические свойства различных жиров

	 Кокосовое масло	 Говяжий жир	 Свиной жир	 Подсолнечное масло
% Насыщенных ж. кислот	77.0	48.4	38.9	12.9
% Ненасыщенных ж. кислот	7.6	44.2	56.1	82.3

**Увеличение ненасыщенности** 

**Снижение температуры плавления** 

**Снижение твердости** 

Добавление жира в рацион изменяет или даже выключает синтез жира de novo. По мере увеличения процентного содержания жира в рационе, это еще больше подавляет синтез жирных кислот de novo, что приводит к уменьшению отложения насыщенного жира (более мягкого). Поскольку структура жирных кислот в пищевом жире становится менее насыщенной (более мягкой), жир в организме свиньи (и жир в туше) также становится менее насыщенным.

Структура жирных кислот в свином жире может сильно варьироваться. В таблице 4.2 приведен средний состав используемых жирных кислот с отклонениями на примере более 16 000 голов свиней из единой производственной системе. Эти цифры показывают, что жир свиней может быть разным и что на его качество влияют множество факторов.

**Таблица 4.2 Средние уровни жирных кислот и значения ИЧ с отклонениями, из единой производственной системы<sup>а</sup>**

Наименование компонента	Средний уровень	Минимальный уровень	Максимальный уровень	Стандартное отклонение
C14:0	2,24	1,06	6,96	0,50
C16:0	24,60	18,79	33,65	1,84
C16:1	3,27	1,35	8,26	0,75
C18:0	8,10	3,57	15,87	1,37
C18:1	40,71	27,44	50,41	2,85
C18:2	16,87	5,88	31,67	3,52
C18:3	0,91	0,06	2,15	0,28
ИЧ	69,67	57,64	90,02	4,99

<sup>а</sup> Данные получены от 16 600 свиней, которых кормили преимущественно рационом на основе кукурузы и соевого шрота с добавлением жира и субпродуктов (т.е. ССЗРВ). Соотношение этих ингредиентов не было постоянным и менялось с течением времени.

#### 4.2.2 Влияние непищевых факторов на качество жира

Исследования показывают, что генотип свиней влияет на твердость жира. Оценки наследуемости (доля общей фенотипической изменчивости в популяции по признаку, которая объясняется аддитивным эффектом генов) были представлены для нескольких жирных кислот. Это указывает на наличие генетической вариации в отношении состава жирных кислот и качества жира (Таблица 4.3).

**Таблица 4.3 Показатели наследуемости для жирных кислот (Сузуки и др., 2006)**

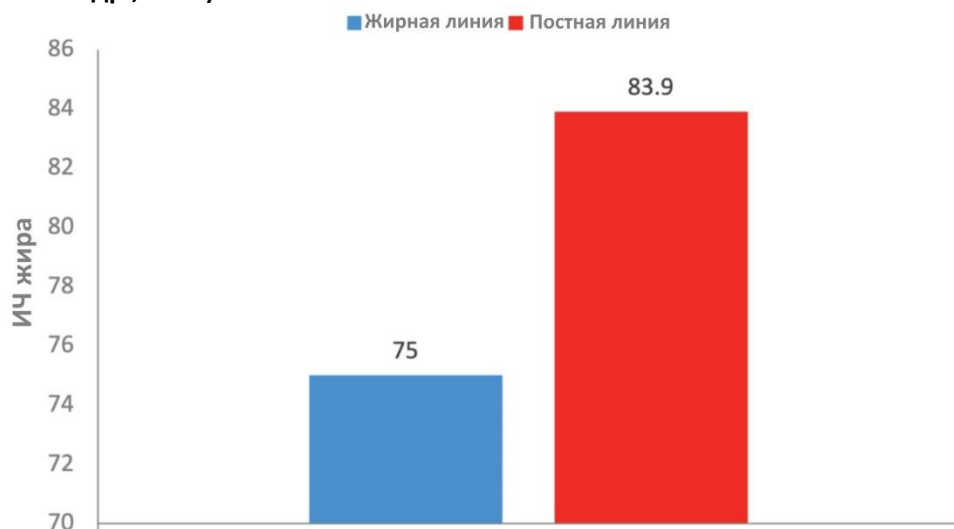
Жирная кислота	Показатели наследуемости <sup>а</sup>			
	ВПЖ	ВнПЖ	ММЖ	ВМЖ
C14:0	0,07	0,15	0,18	0,09
C16:0	0,50	0,30	0,79	0,32
C16:1	0,20	0,36	0,22	0,20
C18:0	0,54	0,51	0,51	0,40
C18:1	0,26	0,28	0,44	0,36
C18:2	0,44	0,32	0,39	0,44
Температура плавления	0,56	0,61	-	-

<sup>а</sup>ВПЖ = внешний подкожный жир; ВнПЖ = внутренний подкожный жир; ММЖ = межмышечный жир; ВМЖ = внутримышечный жир.

Было установлено, что некоторые из жирных кислот (C16:0, C18:0, C18:1 и C18:2) и температура плавления жира имеют низкую (<0,20), умеренную (0,20-0,40) или высокую (>0,40) наследуемость. Хотя различия между генотипами существуют, большая часть различий по твердости жира между генотипами может быть отнесена на счет жирности генотипа. По мере увеличения степени жирности жир, как правило, становится более насыщенным или более твердым.

Это согласуется с тем, что у более жирных свиней происходит больше синтеза жира de novo, что приводит к увеличению доли насыщенных жирных кислот. Например, разница между худыми и жирными свиньями (которых отбирали для получения большей или меньшей толщины шпика, и полученных из одной популяции свиней) оказывает значительное влияние на содержание жирных кислот. Эта разница составляет около 9 единиц ИЧ (рис. 4.6). Другие исследования показали аналогичные результаты при сравнении генетических линий с разным уровнем жирности/ постности (Таблица 4.4) или при оценке влияния толщины шпика на йодное число (рис. 4.7).

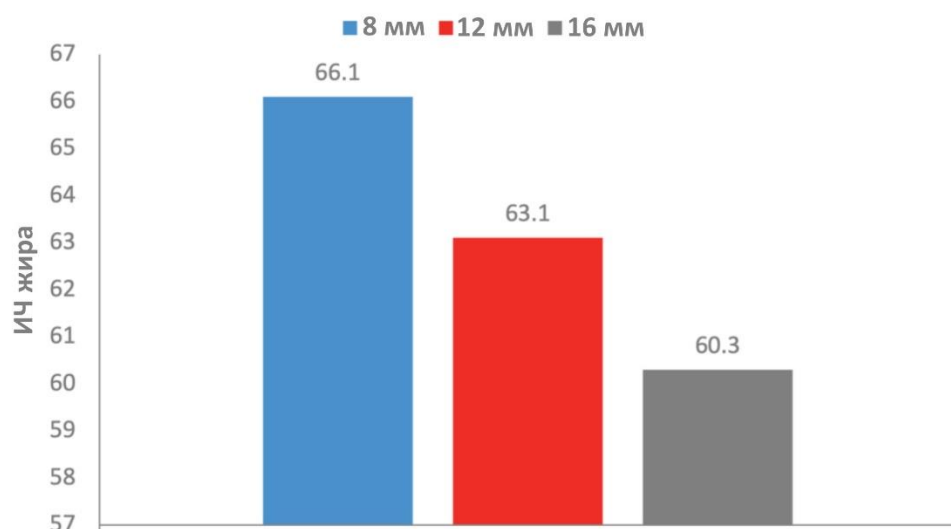
**Рисунок 4.6** Влияние на йодное число жира в зависимости от селекции с целью отбора постных или жирных свиней из одной линии свиней для получения двух различающихся линий. (Скотт и др., 1981)



**Таблица 4.4** Влияние породы на ИЧ

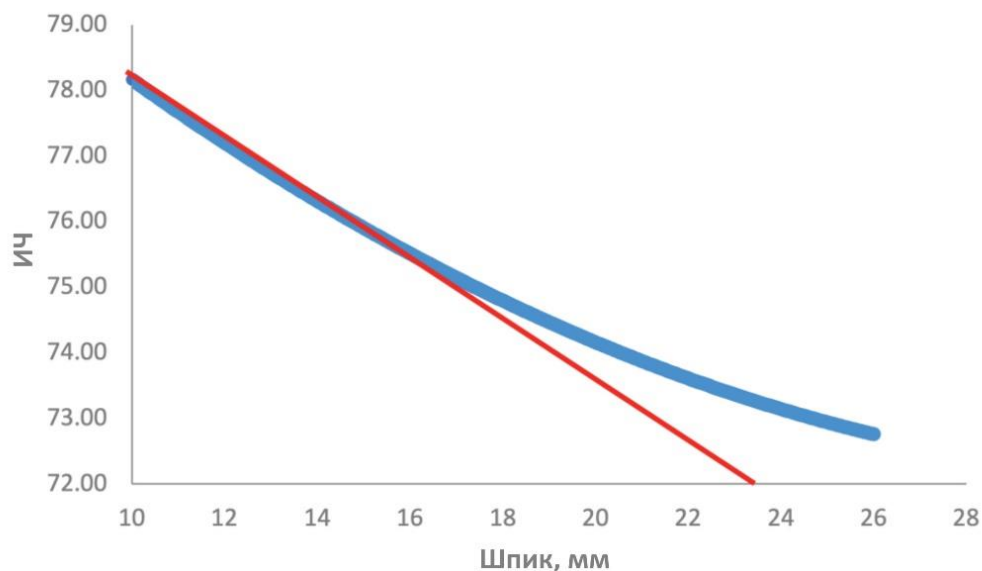
Характеристика	Ло Фиго и др., 2005		Бартон-Гаде, 1997		
	L X LW	Гибрид	LW	Дюрок	Гемпшир
Порода	L X LW	Гибрид	LW	Дюрок	Гемпшир
Вес туши, кг	134,9	132,0	68,5	67,3	71,8
Толщина шпика, мм	39,48	29,22	-	-	-
Выход постного мяса, %	-	-	54,3	56,0	56,8
Йодное число	65,2	69,7	61,0	66,0	66,0

Рисунок 4.7 Влияние толщины шпика на йодное число жира (Эллис и МакКит, 1999)



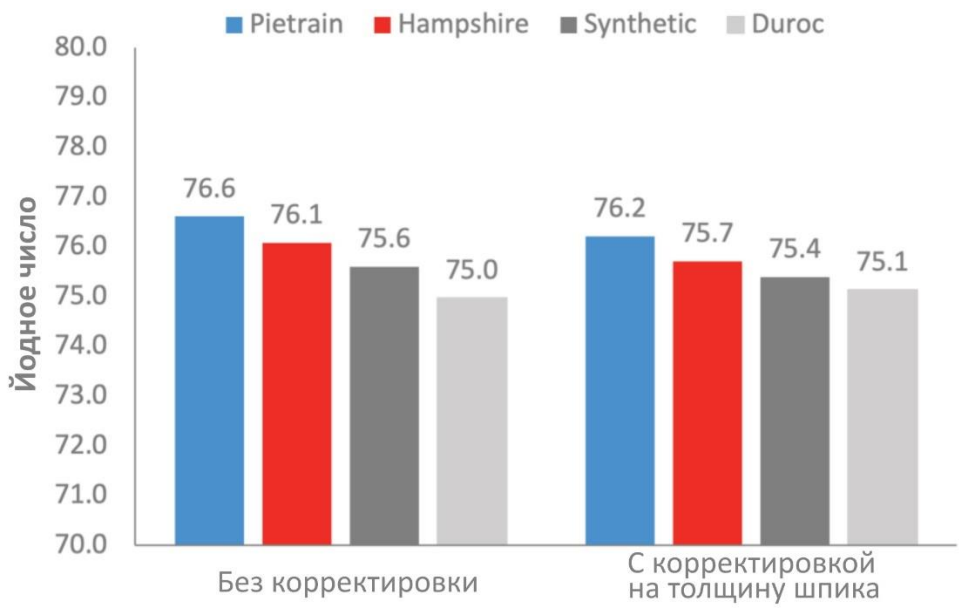
Исследования PIC показывают криволинейное снижение значения ИЧ по мере увеличения уровня шпика (рис. 4.8). Йодное число снижается линейно до толщины шпика около 18 мм. Затем скорость снижения замедляется по мере увеличения толщины шпика свыше 18 мм.

Рисунок 4.8 Влияние толщины шпика на ИЧ (Мэтьюс и др., 2018)



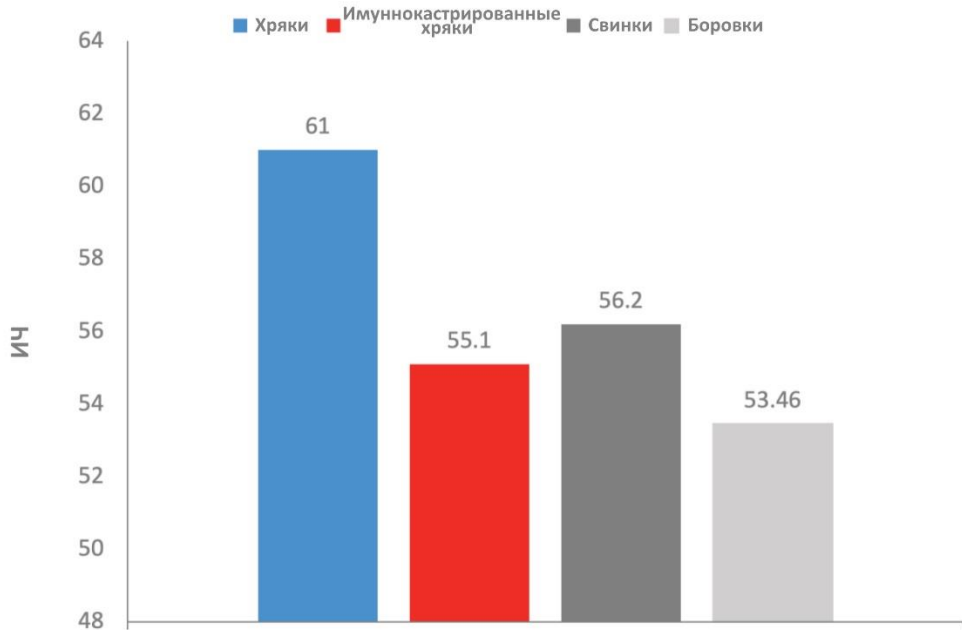
Разница в твердости жира между большинством современных генетических линий должна быть минимальной, при условии, что сравнение проводится на животных с аналогичным уровнем шпика (или % постности), живой массой или составом рациона. При сравнении линий PIC разница между породами Пьетрен и Дюрок, которые являются двумя противоположностями в промышленном свиноводстве, составляет около 1,6 единиц ИЧ, при кормлении свиней одинаковым рационом и выращивании в одинаковых условиях, без поправок на толщину жировой ткани (рис. 4.9). Когда эти данные были скорректированы с учетом толщины шпика, разница между породами Пьетрен и Дюрок составила всего 1,1 единиц ИЧ.

**Рисунок 4.9 Влияние линии хряка на ИЧ жира**



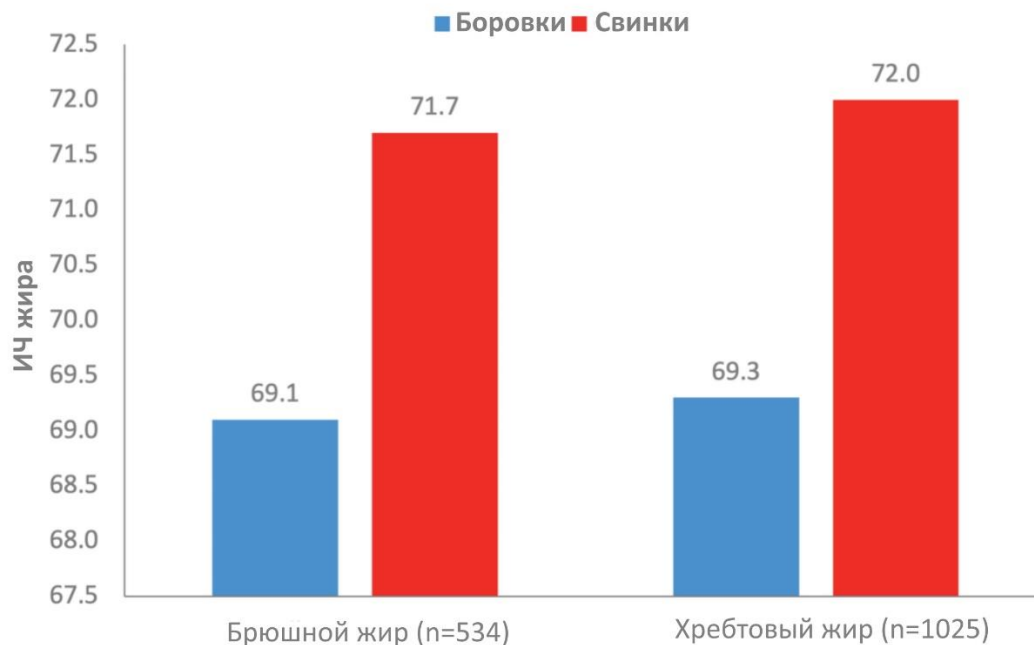
Поскольку уровень жирности играет большую роль в твердости жира, ожидается, что пол свиньи также будет влиять на твердость жира. Хряки имеют самое высокое ИЧ, за ними следуют свинки. Боровки имеют самое низкое ИЧ, а иммунокастрированные хряки сравнимы со свинками (рис. 4.10). Результаты исследования РИС указывают на разницу в 2,6 единиц ИЧ для брюшного жира или в 2,7 единиц ИЧ для хребтового жира при сравнении боровков и свинок (рис. 4.11). Это согласуется с данными из многих других источников. Важно отметить, что разница между полами больше, чем разница между генетическими линиями, о которых говорилось ранее.

**Рисунок 4.10 Влияние пола свиней на ИЧ шпика (Грела и др., 2013)<sup>а</sup>**



<sup>а</sup>ИЧ было рассчитано по значениям жирных кислот из отчета, поэтому статистические данные не приводятся

Рис 4.11 Влияние пола свиней (боровки vs свинки) на ИЧ жира (Мэтьюс и др., 2014)



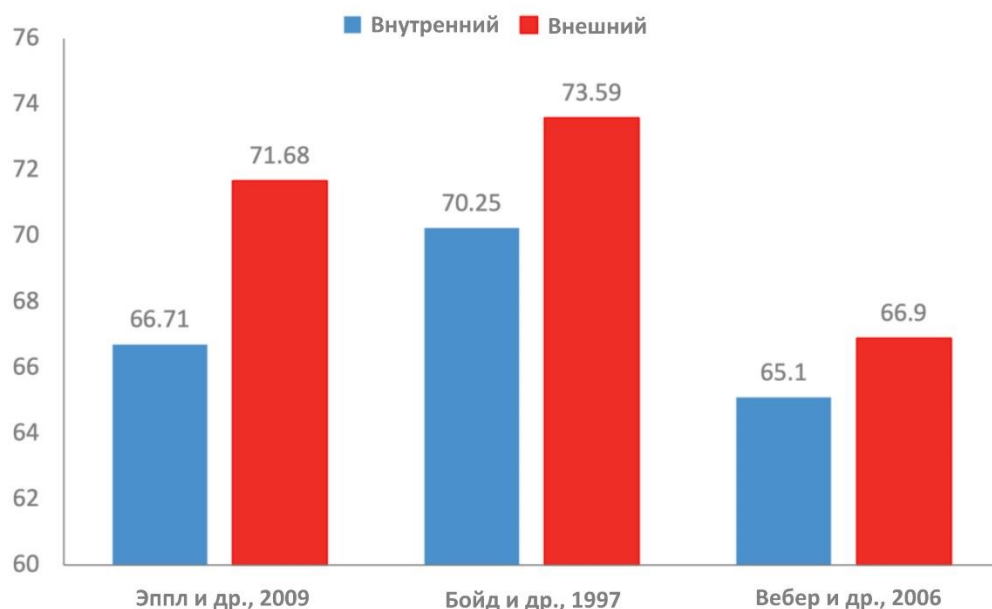
Анатомическое расположение жира также может влиять на его твердость. Как правило, при определении йодного числа жир отбирается с живота, хребтовой части или щековины. ИЧ жира щековины обычно выше, чем брюшного или хребтового, но ИЧ брюшного и хребтового жира не настолько различаются, чтобы их можно было достоверно отличать друг от друга.

Хотя жир щековины имеет более высокий ИЧ, многие исследователи сообщают, что ИЧ жира щековины не изменяется так сильно, как ИЧ брюшного или хребтового жира, при внесении изменений в кормление с целью улучшения ИЧ. В исследованиях PIC делается вывод, что ИЧ жира щековины имеет более низкое стандартное отклонение, чем ИЧ брюшного жира. Различия между боровками и свинками при измерении жира в щековине меньше, чем при измерении брюшного жира.

Различия в ИЧ также очевидны при сравнении отдельных жировых слоев хребтового жира. Внутренние жировые слои имеют ИЧ ниже, чем внешние жировые слои (рис. 4.12). Учитывая эти различия, при сравнительном анализе важно последовательно измерять ИЧ в одном месте.



Рисунок 4.12 Зависимость ИЧ жира от слоя жира<sup>а</sup>

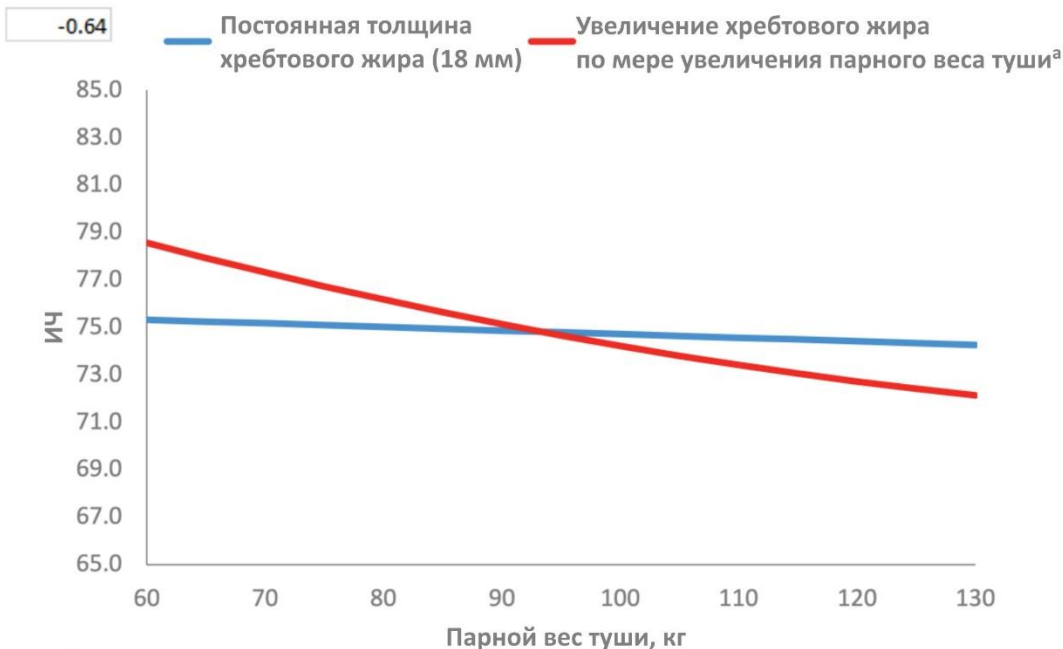


<sup>а</sup>В исследовании Эппл и др., 2009 анализировались 3 слоя хребтового жира (внутренний, средний и внешний), в то время как в исследованиях Бойд и др., 1997 и Вебер и др., 2006 измерялись только 2 слоя (внутренний и внешний). Для целей данного сравнения средний слой в данных Эппл и др. был использован в качестве внутреннего слоя, чтобы согласовать результаты с данными других исследователей, поскольку "истинный" внутренний слой часто отсутствует или составляет небольшую часть хребтового жира.

Уже давно признано, что увеличение возраста/веса свиней влияет на состав жирных кислот. В возрасте от 70 до 220 дней содержание насыщенных жирных кислот увеличивается, а ненасыщенных жирных кислот уменьшается, что указывает на то, что с возрастом свиней жир становится более твердым. Некоторые исследования показывают незначительную разницу в составе жирных кислот при весе от 107 до 125 кг (236-276 фунтов), но другие исследования сообщают, что твердость жира улучшается с увеличением веса до 159 кг (350 фунтов).

Исследования PIC показывают, что при неизменном количестве хребтового жира вес туши оказывает минимальное влияние на ИЧ жира (рис. 4.13). Однако мы ожидаем, что при увеличении веса парной туши количество хребтового жира будет увеличиваться ( $\approx 1,2$  мм на каждые 5 кг). Поэтому ИЧ уменьшается по мере увеличения веса парной туши. Из-за нелинейной зависимости ИЧ от толщины шпика, снижение ИЧ с увеличением веса туши будет больше у более легких животных ( $\approx 0,10$  единиц ИЧ на кг веса туши от 60 до 100 кг), чем у более тяжелых ( $\approx 0,07$  единиц ИЧ на кг веса туши от 100 до 130 кг).

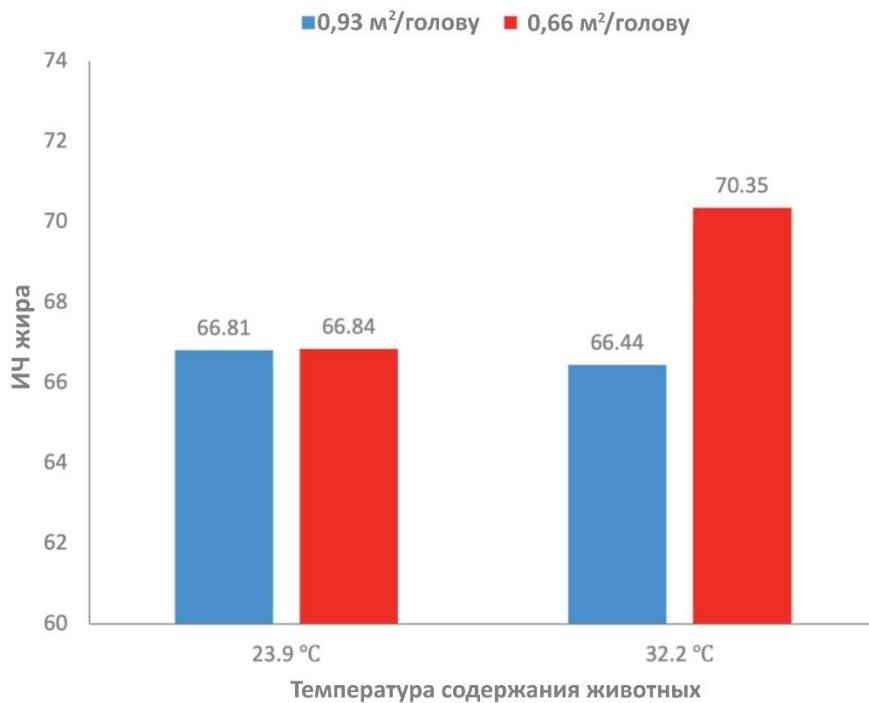
**Рисунок 4.13 Влияние парного веса туши на ИЧ (Мэтьюс и др., 2018)**



<sup>a</sup>Предполагается увеличение толщины хребтового жира на 1,2 мм на каждые 5 кг увеличения парного веса туши.

К другим факторам, которые могут влиять на качество жира, относятся состояние здоровья свиней или общие условия окружающей среды, в которой они выращиваются. Тепловой стресс увеличивает ИЧ брюшного жира, когда свиньи выращиваются при более высокой плотности посадки (рис. 4.14). По неофициальным данным, у медленно растущих и больных свиней ИЧ часто выше, чем у быстро растущих и здоровых. Это может быть связано со снижением синтеза жирных кислот de novo у свиней, которые растут медленнее.

**Рисунок 4.14 Влияние теплового стресса на ИЧ брюшного жира (Уайт и др., 2008)**



### 4.2.3 Влияние кормления на качество жира

Кормление имеет решающее значение для формирования качества жира. В литературе представлено множество исследований, оценивающих источники жира в рационе, уровни ввода источников жира и кормовые ингредиенты, которые потенциально могут повлиять на качество жира.

Добавление любого кормового ингредиента, являющегося источником жира, влияет на качество жира двумя способами. Во-первых, при повышении уровня жира снижается синтез жирных кислот *de novo* (насыщенных жирных кислот). Во-вторых, состав жирных кислот, содержащихся в ингредиентах, влияет на состав жирных кислот в жире. Это означает, что кормление рационом с высоким содержанием жира и высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот приводит к образованию мягкого жира, в то время как кормление рационом с низким содержанием жира и более насыщенным содержанием жирных кислот приводит к образованию твердого жира.

Побочные продукты, такие как сухое сброженное зерно с растворимыми веществами (ССЗРВ), которые концентрируют или повышают уровень жира, могут оказывать негативное влияние на качество жира, если их количество слишком велико или если они сочетаются с другими ингредиентами с высоким уровнем жира. Добавление жировых ингредиентов (масла, белого жира, говяжьего жира) оказывает все более негативное влияние на качество жира, особенно если общий уровень жира в рационе увеличивается (т.е. добавляется в дополнение к другим источникам жира). Кроме того, поскольку эти источники жира имеют различные по своему составу жирные кислоты (масла ненасыщенные, а говяжий жир более насыщенный), добавление их в одинаковом процентном соотношении в рацион приводит к различным эффектам.

Кроме того, форма корма (гранулированный или мучной) может влиять на качество жира. Исследования показывают, что гранулирование корма может увеличить ИЧ брюшного жира на 1,3-3,1 единиц ИЧ (среднее увеличение на 2,4 единиц ИЧ: таблица 4.5). Это может быть связано с повышенной переваримостью жира в результате термической обработки, используемой в процессе гранулирования, которая, как было показано, улучшает доступность питательных веществ.

Таблица 4.5 Влияние вида корма на ИЧ брюшного жира

Исследование	Мука	Гранула	Разница
Оверхольт и др., 2016	70,0	73,1	3,1
Немечек и др., 2015	70,7	73,6	2,9
Немечек и др., 2015	72,2	73,5	1,3
Мэтьюс и др., 2014	69,2	71,6	2,4
Средняя разница			2,4

Некоторые пищевые добавки, такие как конъюгированная линоленовая кислота (КЛК), капковое масло и продукт Lipinate® (NutriQuest®, Mason City, IA), продемонстрировали улучшение твердости жира. Эти продукты увеличивают стоимость рациона, которая должна быть уравновешена преимуществами в качестве жира. Некоторые источники говяжьего жира могут содержать природную КЛК, которая может улучшить качество жира. Добавление говяжьего жира в рацион может улучшить качество свиного жира или, по крайней мере, уменьшить негативные последствия при увеличении энергии в рационе.

Было показано, что добавление рактопамина отрицательно влияет на качество жира (Таблица 4.6). Добавление рактопамина увеличило ИЧ жира с 1,0 до 3,7 единиц (среднее увеличение на 1,8 единиц). Этот эффект ожидаем, поскольку рактопамин снижает жирность туши, а уровень постности/жирности сильно коррелирует с качеством жира.

В основном, влияние питательных веществ на качество жира соответствует общим принципам биологии жира, связанным с содержанием жира в рационе. По мере увеличения процентного содержания жира в рационе синтез жирных кислот de novo еще больше подавляется, что приводит к уменьшению количества насыщенного/мягкого жира. По мере того как состав жирных кислот в рационе становится менее насыщенным/более мягким, жир туши становится менее насыщенным/более мягким. Если качество жира имеет большое значение, необходимо оценивать любые изменения в кормлении, чтобы понять, не повлияют ли они негативно на качество жира.

**Таблица 4.6 Влияние рактопамина на ИЧ жира с различных участков туши**

Исследование	Тип жира	Уровень рактопамина	Средняя продолжительность обработки	Контроль	Paylean	Разница
Эплл и др., 2008	Хребтовый	10 ppm	35 дней	72,7	75,5	2,8
Грэм и др., 2014	Брюшной	10 ppm	24 дней	65,4	66,4	1,0
Грэм и др., 2014	Щековинный	10 ppm	24 дней	65,4	66,4	1,0
Мэтьюс и др., 2014	Хребтовый	5 ppm	23 дней	69,9	71,5	1,6
Мэтьюс и др., 2014	Брюшной	5 ppm	23 дней	69,8	71,0	1,2
Уэбер и др., 2006	Хребтовый <sup>a</sup>	10 ppm	28 дней	62,5	67,6	3,7
Уэбер и др., 2006	Брюшной	10 ppm	28 дней	59,0	60,2	1,2
<b>Средняя разница</b>						<b>1,8</b>

<sup>a</sup>Среднее значение внутреннего и внешнего хребтового жира.

### 4.3 Управление качеством жира

Кормление свиней является наиболее важным фактором в управлении качеством жира. Хотя непитательные факторы, влияющие на качество жира, также важны, внесение изменений в непитательные факторы, как правило, имеет минимальный эффект. Кроме того, эти изменения часто нецелесообразны. Изменение генетических линий нецелесообразно, поскольку максимальное изменение в ИЧ будет равно  $\approx 1,5$  единицы в рамках используемых современных генотипов. На половые различия, по большей части, невозможно повлиять, если только вы не можете отказаться от разведения хряков или использовать только боровков, чтобы ориентироваться на производство конкретных продуктов с хорошим качеством жира.

Живая масса может быть увеличена, если это совпадает с увеличением жирности, при условии, что увеличение жирности и массы не оказывает негативного влияния на свиней или эффективность производства. Поддержание хорошего состояния здоровья свиней и помощь свиным в предотвращении теплового стресса являются наиболее важными непитательными факторами, которыми мы можем управлять.

О важности кормления лучше всего говорит объем исследований, посвященных влиянию рациона на качество жира, в сравнении с исследованиями влияния непитательных факторов на качество жира. Управление качеством жира через кормление осуществляется с помощью трех компонентов: рецептуры рациона, формы рациона и использования специфических микроэлементов, которые влияют на качество жира.

### 4.3.1 Составление рационов для улучшения качества жира

Нутриционисты используют множество различных подходов к составлению рационов для удовлетворения конкретных требований к качеству жира, но два наиболее распространенных - это составление рационов для получения определенного уровня С18:2 и составление рационов исходя из приведенного йодного числа (ПИЧ). Составление рационов для получения определенного уровня С18:2 может быть эффективным, если используются стандартные ингредиенты, а содержание других полиненасыщенных жирных кислот существенно не изменяется. Однако составление рецептуры по ПИЧ учитывает обычные моно- и полиненасыщенные жирные кислоты, присутствующие в рационе свиней.

ПИЧ рассчитывается по формуле:  $\text{ПИЧ} = (\text{йодное число жира в источнике корма}) \times (\% \text{ жира в источнике корма}) \times 0,10$ . В таблице 4.7 содержатся значения ИЧ, уровня жира и ПИЧ отдельных кормовых ингредиентов. Таблица 4.8 содержит значения ИЧ, уровень жира и ПИЧ отдельных источников жира, используемых в рационах свиней.

**Таблица 4.7 Йодное число (ИЧ), процент жира и приведенное йодное число (ПИЧ) широко используемых кормовых ингредиентов**

Ингредиент	ИЧ <sup>а</sup>	% Жира <sup>а</sup>	ПИЧ <sup>б</sup>
Отходы пекарного производства	125	11,3	141,3
Ячмень	125	1,9	23,8
Рапсовый шрот	118	3,5	41,3
ССЗРВ	125	9,9	123,8
ССЗРВ с высоким содержанием протеина	125	3,4	42,5
Зародыши пшеницы	125	17,5	218,8
Кукурузный глютенный шрот	125	2,9	36,3
Кукуруза	125	3,9	48,8
Кукуруза с высоким содержанием масла	125	6,0	75,0
Кукурузный гомини	125	6,7	83,8
Мясокостная мука	70	10,1	70,7
Мясная мука	70	11,2	78,4
Пшено	135	3,5	47,3
Овес	106	4,7	49,8
Овсяная крупа	106	6,2	65,7
Горох	135	1,2	16,2
Сорго	116	2,9	33,6
Соевая шелуха	130	2,2	28,6
Соевый шрот 47.5% СР	130	3,0	39,0
Соевый шрот 46.5% СР	130	3,0	39,0
Соевый шрот 44% СР	130	1,5	19,5
Полножирная соя	130	18,0	234,0
Шрот подсолнечника, 42% СР	120	2,9	34,8
Тритикале	87	1,8	15,7
Пшеничные отруби	83	4,0	33,2
Твёрдая краснозёрная озимая пшеница	83	2,0	16,6
Пшеничная крупка	83	4,2	34,9

<sup>а</sup>Значения ИЧ и % жира были взяты из Национального руководства по питанию свиней 2009 г.

<sup>б</sup>Определяется по следующему уравнению: (ИЧ x % жира x 0,1).

**Таблица 4.8 Йодное число (ИЧ), процент жира и приведенное йодное число (ПИЧ) широко используемых источников жира, вводимых в рационы кормления**

Ингредиент	ИЧ <sup>а</sup>	% Жира <sup>а</sup>	ПИЧ <sup>б</sup>
Говяжий жир	44.0	99	435.6
Рапсовое масло	118.0	100	1180.0
Кокосовое масло <sup>с</sup>	8.0	99	79.2
Белый жир	60.0	99	594.0
Кукурузное масло	125.0	100	1250.0
Пальмовое масло <sup>с</sup>	13.0	99	128.7
Птичий жир	78.0	99	772.2
Соевый лецитин <sup>с</sup>	97.0	100	970.0
Соевое масло	130.0	100	1300.0
Масло подсолнечника <sup>с</sup>	114.0	100	1140.0

<sup>а</sup>Если иное не указано, уровни ИЧ и % жира были взяты из Национального руководства по питанию свиней 2009 г.

<sup>б</sup>Определяется по следующему уравнению: (ИЧ x % жира x 0,1).

<sup>с</sup>Значения ИЧ взяты из NRC (2012).

Чтобы составлять рецептуры на основе ПИЧ, добавьте ПИЧ в качестве питательного вещества для каждого ингредиента, содержащего источник жира, и установите ограничения по питательности ПИЧ в программном обеспечении для составления рецептур. Ограничения, накладываемые на ПИЧ, зависят от желаемого ИЧ в жире туши. Были разработаны формулы, которые оценивают йодное число жира туши на основе приведенного йодного числа рациона, а также уровня С18:2 и уровня ССЗРВ. Более сложные уравнения включают такие факторы, как незаменимые жирные кислоты, уровень энергии, продолжительность кормления, масса тела, масса туши, суточное потребление корма и толщина шпика. (Таблица 4.9).

РИС разработала следующее уравнение [Прогнозируемое ИЧ жира = 52,4 + (0,315 x ПИЧ рациона)] (Boyd et al., 1997) для всех прогнозируемых ИЧ жира в данном документе. Большинство этих уравнений являются точными в пределах популяции/условий окружающей среды, для которых они были разработаны. При использовании вне этих параметров они теряют точность по причине влияния таких факторов, как переваримость питательных веществ, состояние здоровья, условия окружающей среды, различия в отборе образцов или лабораторных процедурах, половые различия или жирность туш.

Наименее точными из этих уравнений являются те, которые учитывают только ССЗРВ в рационе, поскольку содержание жира и переваримость ССЗРВ могут сильно различаться. Кроме того, не все рационы используют ССЗРВ. Кроме того, могут быть добавлены другие ингредиенты в различной концентрации, которые могут повлиять на рацион в той же степени, что и ССЗРВ.

На рисунке 4.15 представлены ПИЧ для рационов позднего периода откорма из трех университетских испытаний, которые были рассчитаны с использованием состава рационов, представленных для каждого испытания. Этот рисунок иллюстрирует, что, хотя в рационах использовался одинаковый уровень ССЗРВ, влияние на качество жира может быть различным из-за других ингредиентов рациона, которые влияют на ПИЧ. Это говорит об ошибочности использования уравнения, которое учитывает только ССЗРВ.

Таблица 4.9 Уравнения прогнозирования йодного числа жира в туше

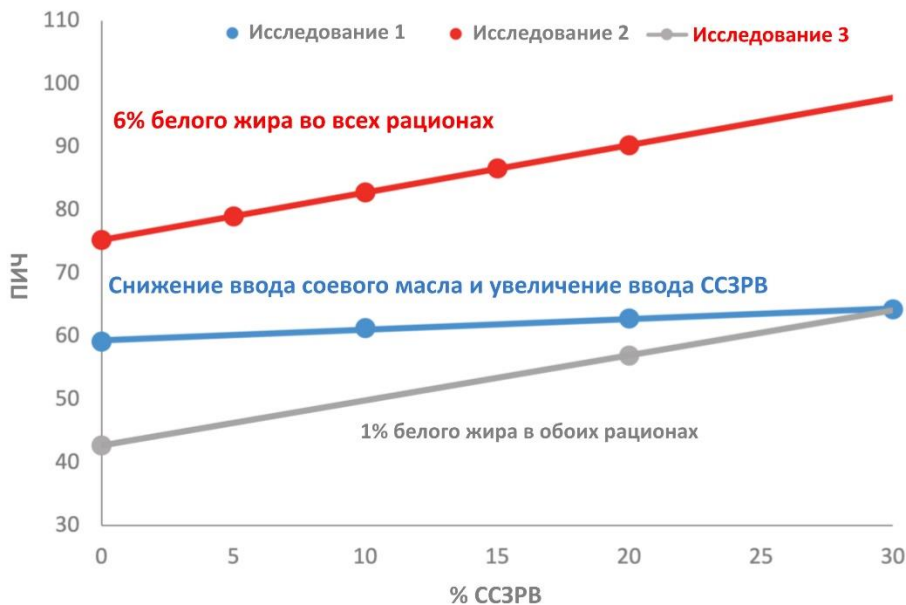
Тип уравнения	По материалам исследования	Жир туши, для которого рассчитывается прогноз	Уравнение	R2
ПИЧ	Мэдсен и др., 1992	Хребтовый	$47,1 + 0,14 \times \text{потребление ПИЧ/д}$	0,86
ПИЧ	Бойд и др., 1997	Хребтовый	$52,4 + 0,315 \times \text{ПИЧ рациона}$	–
ПИЧ	Бенц и др., 2011	Хребтовый	$51,946 + 0,2715 \times \text{ПИЧ рациона}$	0,16
ПИЧ	Бенц и др., 2011	Щековинный	$56,479 + 0,247 \times \text{ПИЧ рациона}$	0,32
ПИЧ	Эстрада Рестрепо, 2013	Хребтовый	$60,13 + 0,27 \times \text{ПИЧ рациона}$	0,81
ПИЧ	Эстрада Рестрепо, 2013	Щековинный	$64,54 + 0,27 \times \text{ПИЧ рациона}$	0,81
ПИЧ	Эстрада Рестрепо, 2013	Брюшной	$58,32 + 0,25 \times \text{ПИЧ рациона}$	0,74
ПИЧ	Kellner, 2014	Усредненный <sup>а</sup>	$58,102 + 0,2149 \times \text{ПИЧ рациона}$	0,93
C18:2	Бенц и др., 2011	Хребтовый	$35,458 + 14,324 \times \% \text{ C18:2 в рационе}$	0,73
C18:2	Бенц и др., 2011	Щековинный	$47,469 + 10,111 \times \% \text{ C18:2 в рационе}$	0,90
C18:2	Кельнер, 2014	Усредненный	$58,566 + 0,1393 \times \text{Потребление C18:2/д, г}$	0,94
ССЗРВ	Кромвель и др., 2011	Хребтовый	$64,5 + 0,432 \times \% \text{ ССЗРВ в рационе}$	0,92
ССЗРВ	Эстрада Рестрепо, 2013	Хребтовый	$70,06 + 0,29 \times \% \text{ ССЗРВ в рационе}$	0,81
ССЗРВ	Эстрада Рестрепо, 2013	Щековинный	$72,99 + 0,24 \times \% \text{ ССЗРВ в рационе}$	0,81
ССЗРВ	Эстрада Рестрепо, 2013	Брюшной	$67,35 + 0,26 \times \% \text{ ССЗРВ в рационе}$	0,75
Комплексно	Полк и др., 2015	Хребтовый	$84,83 + (6,87 \times I \text{ EFA}) - (3,90 \times F \text{ EFA}) - (0,12 \times I \text{ d}) - (1,30 \times F \text{ d}) - (0,11 \times I \text{ EFA} \times F \text{ d}) + (0,048 \times F \text{ EFA} \times I \text{ d}) + (0,12 \times F \text{ EFA} \times F \text{ d}) - (0,0060 \times F \text{ NE}) + (0,0005 \times F \text{ NE} \times F \text{ d}) - (0,26 \times BF) \text{ b}$	0,95
Комплексно	Полк и др., 2015	Щековинный	$85,50 + (1,08 \times I \text{ EFA}) + (0,87 \times F \text{ EFA}) - (0,014 \times I \text{ d}) - (0,050 \times F \text{ d}) + (0,038 \times I \text{ EFA} \times I \text{ d}) + (0,054 \times F \text{ EFA} \times F \text{ d}) - (0,0066 \times I \text{ NE}) + (0,071 \times I \text{ BW}) - (2,19 \times \text{ADFI}) - (0,29 \times BF) \text{ b}$	0,93
Комплексно	Полк и др., 2015	Брюшной	$106,16 + (6,21 \times I \text{ EFA}) - (1,50 \times F \text{ d}) - (0,11 \times I \text{ EFA} \times F \text{ d}) - (0,012 \times I \text{ NE}) + (0,00069 \times I \text{ NE} \times F \text{ d}) - (0,18 \times \text{HCW}) - (0,25 \times BF) \text{ b}$	0,94

<sup>а</sup>Усредненный = среднее значение по щековинному, хребтовому и брюшному жиру.

<sup>б</sup>Компоненты уравнений следующие: I = стартовый рацион, F = конечный рацион, d = дни кормления, EFA = незаменимые жирные кислоты (C18:2 и C18:3; %), NE - ЧЭ (ккал/кг), BW – масса тела (кг), ADFI – среднесуточное потребление корма (кг), HCW – парной вес туши (кг), и BF = толщина хребтового шипика (мм).



**Рисунок 4.15 Влияние процента ввода ССЗРВ на ПИЧ при разном составе рационов**



Хотя ПИЧ не является идеальным методом прогнозирования содержания жира в туше, оно представляет собой отличный инструмент мониторинга, если все ключевые компоненты находятся на месте в рамках системного подхода. К таким компонентам относятся:

- **Постоянство используемых кормовых ингредиентов**
  - Ингредиенты должны иметь относительно постоянное ПИЧ (содержание жира и ИЧ жира) или результаты анализа, проводимого при получении новых партий ингредиентов.
  - Это особенно важно при использовании таких ингредиентов, как ССЗРВ, или при добавлении другого поставщика ингредиентов или незнакомого ингредиента.
  - Использование одинаковых лабораторных методов для измерения уровней жира и ИЧ в кормах.
- **Выберите единую формулу для оценки ИЧ жира в туше и используйте ее на постоянной основе.**
  - Убедитесь, что уравнение прогнозирует то местоположение жира, которое используется на бойне для измерения.
- **Постоянная обратная связь с бойней очень важна.**
  - Поскольку эти уравнения не являются полностью точными, бойня должна регулярно предоставлять результаты анализа ИЧ жира туши, чтобы определить, является ли формульное значение ПИЧ адекватным, или его необходимо скорректировать.
  - Бойня должна измерять ИЧ жира в одном и том же месте и использовать единую методологию для анализа.
    - В образцах должно быть представлено равное количество животных разного пола или всегда должны отбираться образцы от животных одного пола.
    - Избегайте отбора образцов от слишком легких или слишком тяжелых свиней, но обеспечьте вариацию в пределах среднего значения популяции.
- **Будьте в курсе любых проблем с микроклиматом, помимо кормления, которые могут повлиять на ИЧ жира в туше.** К ним могут относиться, в частности, проблемы со здоровьем животных или тепловой стресс.
- **Анализируйте данные.**
  - Осуществляйте мониторинг данных, используя методы статистического контроля процессов.
  - Проводите мониторинг регулярно (еженедельно или ежемесячно).
    - Это позволяет согласовать изменения в ПИЧ с изменениями в уровнях ИЧ жира в туше.
  - Несмотря на то, что вначале эта методология предполагает работу методом проб и ошибок, со временем накопленные данные дают более четкое представление о том, как следует корректировать ПИЧ для получения определенного уровня ИЧ жира в туше.

### 4.3.2 Роль вида корма и микроэлементов в управлении качеством жира

Как упоминалось ранее, гранулирование рациона отрицательно влияет на качество жира. Если качество жира является проблемой, рассмотрите возможность кормления дробленным рационом, если это экономически целесообразно и если качество жира не может быть улучшено за счет других аспектов кормления. При этом следует помнить о снижении показателей роста, связанного с использованием рационов в виде крупки/муки, и понимать, как это влияет на общую экономическую эффективность.

Коммерчески доступные микроэлементы, такие как КЛК и Lipinate®, помогают улучшить качество жира. Однако в большинстве случаев стоимость КЛК не позволяет широко использовать ее в свиноводстве. С осторожностью используйте такие микроэлементы, как рактопамин или другие модификаторы туши (позволяющие повысить постность туши), если важно качество жира. Проанализируйте общее экономическое воздействие этих продуктов, прежде чем принимать решение об их использовании.

# Влияние пола животных на качество



Пол (или гендер) свиней может влиять как на качество постного мяса, так и на качество жира. Если о некоторых влияниях на качество жира говорилось в разделе 4.2.2, то влияние на качество постного мяса в предыдущих разделах не обсуждалось.

Часто бывает трудно определить различия между полами относительно качества мяса, основываясь на информации в литературе, поскольку данные о поле животных часто не указываются или размеры выборки для определения влияния пола относительно малы. Во многих исследованиях с большим объемом выборки общее качество было низким (итоговый pH < 5,5; влагопотеря > 5%), что может ограничить возможность определения значимых различий между полами. Однако, основываясь на большой базе данных PIC по качеству свинины, в сочетании с обзором литературы и сотрудничеством в отрасли, мы можем предложить хорошую перспективу того, что можно ожидать в отношении различий в качестве мяса свиней разных полов.

В настоящее время сексирование семени возможно с технической точки зрения, но не является практичным или экономически целесообразным с точки зрения крупномасштабного производства. Таким образом, основываясь на базовой биологии в отношении рождаемости, мы можем ожидать примерно 50% самцов и 50% самок. Однако самцы могут оставаться целыми (хряки) или быть кастрированными (боровки), и именно здесь можно принять решение, которое может улучшить качество мяса. По мере развития свиноводства практика кастрации без обезболивания все больше подвергается критике, и многие страны либо запрещают, либо предлагают отменить кастрацию. Это может оказать реальное или предполагаемое влияние на качество свинины. В данном разделе мы обсудим эти различия.

## 5.1 Различия в качестве постного мяса между боровками, свинками и хряками

Обзор данных в литературных источниках показывает, что разница в качестве постного мяса между боровками и свинками часто противоречива. Многие отчеты указывают на то, что у свинок цвет мяса немного темнее, а у боровков постоянно выше содержание внутримышечного жира. Данные же по итоговому pH, влагоудерживающей способности (влагопотере) и силе среза (нежности) гораздо менее последовательны.

Компания PIC располагает высокоточными данными по тысячам свиной, что позволяет проанализировать влияние пола на качество свинины (табл. 5.1). Наши данные показывают, что значения L\*, a\* и b\* были ниже (темнее, менее красные и менее желтые) у свинок. Субъективные показатели цвета и твердости не отличались у боровков и свинок. Боровки имели более высокие показатели итогового pH и мраморности, но при этом более низкие показатели влагопотери и силы среза Уорнера-Братцлера (WBS). Эти данные в среднем свидетельствуют о том, что корейка от боровков имеет несколько более высокие пищевые качества, чем корейка от свинок.

Таблица 5.1 Различия в характеристиках мяса между боровками и свинками

Характеристика	Боровки	Свинки	Преимущество	Размер выборки (боровки/свинки)
pH	5,74 <sup>a</sup>	5,72 <sup>b</sup>	боровки (выше на 0,02)	12817/13167
JCS**	3,18	3,19	отсутствует	12797/13140
L*	47,21 <sup>a</sup>	46,51 <sup>b</sup>	свинки (ниже на 0,7)	12731/13032
a*	8,54 <sup>c</sup>	8,49 <sup>d</sup>	боровки (выше на 0,05)	12731/13032
b*	2,34 <sup>a</sup>	2,05 <sup>b</sup>	свинки (ниже на 0,29)	12731/13032
Мраморность	2,42 <sup>a</sup>	2,12 <sup>b</sup>	боровки (выше на 0,30%)	12065/12523
Твердость	3,19	3,18	отсутствует	9257/9863
Влагопотеря	2,49 <sup>a</sup>	2,61 <sup>b</sup>	боровки (ниже на 0,12%)	7108/7795
WBS***	3,26 <sup>a</sup>	3,50 <sup>b</sup>	боровки (ниже на 0,24 кг)	3435/3344

<sup>ab</sup>Средние значения с разными надстрочными знаками значительно отличаются (P<0,0001).

<sup>cd</sup>Средние значения с разными надстрочными знаками значительно отличаются (P<0,005).

JCS\*\* – японский стандарт цвета (Japanese color standard).

WBS\*\*\* – показатель силы среза Уорнера-Братцлера (Warner-Bratzler shear force).

Труднее найти большие массивы данных, сравнивающих хряков с боровками. Паули и др., (2012) провели мета-анализ исследования, в котором сравнивали хряков с боровками и иммунокастратами. Это исследование показало, что хряки имели более низкий итоговый pH, меньшую мраморность, более высокую силу среза и более высокие значения L\*. Изменения других признаков не наблюдалось.

Большинство исследований показывают, что, если расположить мясо корейки по пищевым качествам в зависимости от пола животных, то порядок будет следующим: боровки > свинки > хряки, а иммунокастраты находятся где-то между боровками и свинками. Это согласуется с неофициальными наблюдениями, полученными на убойных предприятиях, которые перешли на убой хряков вместо боровков. Эти предприятия сообщают о большем количестве жалоб на влагопотерю от розничных продавцов, также наблюдается более высокая усушка туш (вес парной туши относительно веса охлажденной туши). На некоторых рынках, где используются только хряки или иммунокастраты, мясо свинок может продаваться с большей наценкой.

## 5.2 Различия в качестве жира между боровками, свинками и хряками

Как уже упоминалось в разделе 4.2.2, хряки имеют самый высокое ИЧ (самый мягкий жир), за ними следуют свинки. Боровки имеют самое низкое ИЧ (самый твердый жир), а у иммунокастрированных хряков его уровень был аналогичен свинкам (рис. 4.10).

Твердость жира совпадает со степенью жирности. Наименьшее количество жира содержится у хряков, на втором месте - свинки, а самая высокая степень жирности - у боровков. Прежде чем переходить от выращивания боровков к выращиванию хряков, важно понять значение изменения уровня жирности и твердости жира, поскольку оно может повлиять на качество жира в некоторых продуктах.

Хотя во многих регионах хряки выращиваются без каких-либо проблем с качеством жира, так происходит не везде, в случае, когда производство боровков меняется на производство хряков. В этих регионах изучаются способы повышения содержания жира и его твердости у хряков. На некоторых убойных предприятиях считают, что качество жира является более сложной проблемой, чем запах хряка. В зависимости от ассортимента продукции и отдельных рынков сбыта необходимо полностью оценить потенциальное изменение качества жира, прежде чем полностью переходить на производство хряков.

## 5.3 Запах хряка

Запах хряка в первую очередь вызывается андростеноном и скатолом, которые содержатся в жире свиней. Индол также связывается с запахом хряка. Андростенон и скатол выделяются во время приготовления пищи, что приводит к появлению неприятного запаха. У интактных самцов уровень андростенона и скатола выше, а также чаще встречается запах хряка. Запах хряка также может присутствовать у самок и кастрированных самцов свиней.

Не все люди чувствительны к запаху хряка. Женщины более чувствительны к запаху хряка, чем мужчины. Исследования 1970-х и 1980-х годов показали, что 90% женщин и 50% мужчин могут обнаружить андростенон, а скатол могут обнаружить все люди. Более поздние данные Министерства сельского хозяйства США свидетельствуют о том, что 30% или более населения могут обнаружить запах хряка.

Исходя из предложенных пороговых значений [андростенон (> 0,5-1,0 мг/кг) и скатол (0,20-0,25 мг/кг)], примерно 20% кабанов будут иметь запах хряка. Однако эта зависимость непостоянна. Свиньи с низким содержанием этих соединений все же могут иметь запах хряка, а свиньи с высоким их содержанием могут не иметь запаха хряка. Согласно отчетам, основанным на результатах исследования методом обоняния человека, только около 4% хряков будут иметь запах хряка, который можно обнаружить.

Независимо от низкого уровня проявления, борьба с запахом хряка очень важна, так как он снижает пищевые качества свинины и может снизить восприятие свинины как предпочтительного животного белка. Это особенно важно в регионах, где выращивание хряков не практикуется, и вероятность проявления запаха хряка исторически была низкой. Справиться с запахом хряка можно посредством работы в трех ключевых направлениях: генетика, управление производством на ферме и управление на бойне.

### 5.3.1 Управление запахом хряка через генетику

Уровни андростенона и скатола были измерены у разных генетических линий, и различия действительно существуют. Фриден и др., 2011, провели обзор сравнительных исследований пород в литературе и обнаружили, что свиньи породы Дюрок имеют самый высокий уровень андростенона (3,27 мкг/г жира). Уровень андростенона у Пьетренов (и их гибридов) варьировался в диапазоне от 0,54 до 2,40 мкг/г жира. Уровень андростенона у пород Круппная белая и Ландрас был относительно низким и составлял от 0,44 до 1,19 мкг/г жира.

Кроме того, показатели наследственности для андростенона варьируются от 0,50 до 0,75 (высокая). Показатели для скатола варьируются от 0,23 до 0,56 (от умеренной до высокой). Эти результаты показывают, что андростенон и скатол могут быть использованы в качестве критериев отбора при управлении уровнями запаха хряков.

В 2015 году немецкий "Warentest" показал, что самцы от двух линий хряков при определенной селекции против запаха хряка (уровни андростенона и скатола) имели пониженный уровень запаха хряка по сравнению с линиями хряков без селекции (2,35% против 4,4% с обнаруженным запахом хряка). Тем не менее, маловероятно, что генетика является единственным решением, так как на запах хряка влияют многие факторы.

### 5.3.2 Управление запахом хряка на уровне фермы

Многие факторы на ферме можно изменить, чтобы снизить частоту проявления запаха хряка. Самым простым и надежным методом управления является кастрация самцов, которая практически исключает риск возникновения запаха хряка.

Однако во многих странах и регионах кастрация либо не применяется, либо хряков выращивают для получения преимуществ в росте по сравнению с боровками. Вместо физической кастрации многие производители перешли на технологию иммунокастрации, которая позволяет использовать преимущества роста хряков, ограничивая при этом риск появления запаха хряка. Тем не менее, многими факторами можно управлять на ферме, при выращивании хряков для снижения вероятности возникновения запаха.

Некоторые исследования показывают, что уровень андростенона повышается по мере увеличения живого веса, а скатола - с наступлением половой зрелости. Во многих странах принято забивать хряков при живом весе 100 кг (220 фунтов) или менее. В других регионах установлен максимальный возраст для убоя хряков в попытке свести к минимуму запах хряка. Однако в некоторых исследованиях не наблюдалось различий, связанных с живым весом или возрастом. Причиной этого могут быть различия в возрасте или весе при наступлении половой зрелости или другие побочные факторы.

Толщина шпика также влияет на запах хряка, проявление которого увеличивается по мере увеличения толщины шпика (рис. 5.1). Это может объяснить некоторые различия между породами, а также подтвердить, что за счет веса и возраста можно эффективно управлять проявлением запаха у хряков.

Большая часть исследований посвящена факторам, связанным с условиями содержания животных на фермах, для смягчения последствий проявления запаха хряка. Важно содержать свиней в чистоте, чтобы снизить уровень запаха хряка (скатола). У свиней, содержащихся в грязных (загрязненных мочой и фекалиями) станках, чаще встречается запах хряка. При содержании свиней на сплошных полах или на полах с мелкими щелями у них чаще проявляется запах хряка, чем при содержании на щелевых полах, позволяющих станкам оставаться в относительной чистоте. Высокая плотность поголовья также повышает проявление запаха хряка. На интенсивность запаха хряка также влияет температура в зале. Уровень скатола обычно выше в теплые летние месяцы.

Исследователи оценили социальные аспекты различных производственных систем, но нет четкого консенсуса относительно того, как они влияют на уровень запаха хряка в мясе. Недавние исследования смешанного и раздельнополого производства показывают, что смешанное содержание может быть немного лучше с точки зрения запаха хряка. Установление и/или восстановление социальной иерархии группы животных в результате производственных манипуляций, таких как смешивание животных или их разделение при продаже, также может негативно повлиять на уровень запаха хряка, поскольку повышает уровень андростенона.

Кормление играет важную роль в снижении запаха хряков, особенно в снижении скатола. Скорректируйте рецептуру рационов, чтобы снизить проявление запаха у хряков. Кормление с пониженным содержанием триптофана, корректировка уровня и типа клетчатки, добавление органических кислот - все это, как было показано, снижает уровень скатола. Многие производители, выращивающие хряков, добавляют в корма неперевариваемые углеводы, такие как цикорий, который, как было показано, оказывает положительное влияние.

Жидкое кормление в отличие от сухого и достаточный фронт кормления также могут снизить уровень скатола. Было показано, что неограниченное кормление повышает уровень скатола по сравнению с лимитированным кормлением, при забое свиней одинакового возраста, но при забое свиней одинакового веса такого эффекта не наблюдается.

Очевидно, что различные производственные практики могут влиять на проявление запаха хряка, и многие из этих факторов взаимосвязаны. И хотя устранение этих факторов (за исключением кастрации) не устранил запах хряка, принятие их во внимание может помочь снизить риск того, что запах хряка повлияет на качество мяса.

### 5.3.3 Управление запахом хряка на уровне бойни

В основном, на убойных предприятиях ограничиваются выявлением свиней с запахом хряка, а не снижением вероятности его проявления. Ограниченные методы управления включают санитарную и сегрегацию. Станки в секторе предубойного содержания должны поддерживаться в максимально возможной чистоте. Кроме того, избегайте смешивания незнакомых свиней во время предубойного содержания, чтобы свести к минимуму потенциальное влияние на уровень запаха хряка.

Выявление свиней (туш) с запахом хряка является первоочередной задачей после того, как хряки окажутся на бойне. Выявление туш хряков с запахом позволяет вывести их из нормального производства, чтобы туша могла быть использована для производства продуктов, маскирующих негативное воздействие свинины с запахом, таких как колбасы эмульсионного типа, разбавление продукта в колбасах, маскировка запаха или копчение продукта.

Одним из субъективных методов обнаружения запаха хряка на линии является тест горячим железом. Для этого горячий железный прут (паяльник) помещают на шейный жир. Затем обученные люди могут понюхать жир и определить наличие и степень присутствия запаха хряка.

## 5.4 Иммунокастрация

Иммунокастрация (ИК) ранее упоминалась как метод снижения риска возникновения запаха хряка. Иммунокастрация включает в себя инъекцию белкового соединения, которое действует подобно иммунизации, чтобы вызвать выработку антител против гормона гонадотропин-рилизинг-фактора (ГнРФ), который подавляет половое развитие свиней.

Для иммунокастрации требуется две инъекции. Первая инъекция - это подготовительная доза, вводимая после 9-недельного возраста, которая подготавливает иммунную систему. Вторая доза вводится не менее чем через 4 недели после первой. Эта доза стимулирует иммунный ответ, который подавляет развитие семенников и снижает уровень андростенона и скатола.

Свиней не следует продавать раньше, чем через 3 недели или более чем через 10 недель после введения второй дозы, так как существует риск обнаружения запаха хряка за пределами этого периода. Второй дозе необходимо время, чтобы подействовать и вывести гормоны из организма. Кроме того, со временем эффект ослабевает.

Если инъекции проводятся хрякам должным образом, иммунокастрация достаточно эффективна для устранения запаха хряка. Проблема возникает, если хряк не получил одну из прививок и не был эффективно иммунизирован против ГНРФ. Очень важно применять хорошие протоколы вакцинации, чтобы каждый хряк получил обе инъекции.

Одним из методов онлайн-контроля на убойном предприятии для обеспечения надлежащей вакцинации является оценка размера семенников. У правильно вакцинированных хряков семенники развиваются не полностью. Любой хряк с полностью сформировавшимися семенниками должен быть дополнительно обследован на наличие запаха хряка.

Поскольку иммунокастрация подавляет половое развитие свиней, исследователи также оценили эффект иммунокастрации у свинок. Хотя это не имеет отношения к контролю запаха хряка, это является инструментом для управления выращиванием свинок в некоторых регионах.

В основном коммерческая иммунокастрация для свинок начала применяться в Испании с производства иберийских свиней. Традиционно иберийских свинок, выращиваемых на открытом воздухе, кастрировали (стерилизовали) хирургическим путем, т.к. их выращивали до более тяжелого веса (150 кг/330 фунтов), чтобы предотвратить их супоросность. Использование иммунокастрации эффективно устраняет необходимость хирургической кастрации и позволяет улучшить производственные показатели и характеристики туши для данного рынка. Иммунокастрированные свинки растут быстрее, что позволяет раньше начать реализацию высокоценной продукции. Эти свиньи также более жирные, что более востребовано в секторе иберийского свиноводства.

Применение иммунокастрации также было оценено и использовано для выращивания обычных коммерческих свиней. В настоящее время во многих регионах наблюдается увеличение живого веса, что приводит к половому созреванию и приходу в охоту свинок до начала реализации. Это замедляет темпы их роста, увеличивая время реализации группы.

В результате многие из этих производителей рассматривают преимущества иммунокастрированных свинок, темпы роста которых больше похожи на темпы роста интактных/кастрированных хряков. Это позволяет быстрее освобождать помещения, что важно, когда площадь выращивания ограничена. Кроме того, поскольку свинки более жирные, а качество жира (твердость) выше, грудинка становится более пригодной для производства бекона.

Таким образом, иммунокастрация может быть эффективным инструментом для производства интактных хряков и свинок. Использование иммунокастрации должно оцениваться в каждом конкретном случае, чтобы определить, насколько это практично и законно, а также выгодно ли это с финансовой точки зрения для производителя.



# Заключение

Компания PIC гордится тем, что играет одну из ключевых ролей в глобальной цепочке поставок свинины. Мы всецело преданы успешному развитию отрасли посредством программ генетического улучшения и комплексной технической поддержки.

В предоставлении технической поддержки наш отдел прикладных научных исследований по мясу сосредоточен на практической помощи, предоставляемой нашим клиентам для разработки программ обеспечения качества мяса на конкретных предприятиях. Мы предоставляем эти услуги посредством всестороннего анализа ежедневных операций на предприятии, которые влияют на качество мяса, начиная с обработки и оглушения свиней перед убоем, практики охлаждения туш и заканчивая оценкой качества свинины.

Кроме того, мы разработали PIC® Pork Quality Compass™, уникальный глобальный стандарт качества свинины, который определяет эффективность работы предприятия и позволяет клиентам объективно оценивать качество мяса. Эта бенчмарк- программа: (1) обеспечивает систему оценки качества свинины, в которой все измерения стандартизированы на всех предприятиях; (2) помогает выявить направления улучшения; и (3) является независимым стандартом для перерабатывающих компаний, позволяющим сравнивать качество свинины в пределах страны и на глобальном уровне.

Мы также разработали инструмент оценки качеств туши, привязанный к конкретным линиям хряков PIC. В нем используются данные о распределении веса премиальных и субпремиальных отрубов в привязке к весу туши для оптимизации ассортимента свинины, предлагаемой на продажу, и повышения потенциала прибыли переработчиков.

Свои комментарии и вопросы направляйте, пожалуйста, в отдел прикладных научных исследований по мясу компании PIC.





## Список использованных источников

- AOCS. 1998. Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, 5th ed. Recommended practice Cd 1c-85. Am. Oil Chem. Soc., Champaign, IL.
- Akit, H., H. Frobose, H. A. Channon, D N. D'Souza and F. R. Dunshea. 2014. Effect of sex and dietary lecithin on eating quality of pork. 60th International Congress of Meat Science and Technology, 17-22nd August 2014, Punta del Este, Uruguay.
- Aluwé M., S. Millet, K.C.M. Langendries, K. M. Bekaert, F.A.M. Tuytens, and D. L. De Brabander. 2011. Comparison of meat quality between barrows, boars and boars vaccinated against GnRH. 57th International Congress of Meat Science and Technology, 7-12 August 2011, Ghent-Belgium.
- Apple, J. K., C. V. Maxwell, D. L. Galloway, S. Hutchison, and C. R. Hamilton. 2009. Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: I. Growth performance and longissimus muscle fatty acid composition. *J. Anim. Sci.* 87:1407-1422.
- Apple, J. K., C. V. Maxwell, D. L. Galloway, C. R. Hamilton, and J. W. S. Yancey. 2009. Interactive effects of dietary fat source and slaughter weight in growing-finishing swine: I. Growth performance and longissimus muscle fatty acid composition. *J. Anim. Sci.* 87:1423-1440.
- Arkfeld, E. A., S. Mancini, B. Fields, A. C. Dilger, and D. D. Boler. 2015. Correlation of fresh muscle firmness with sensory characteristics of pork loins destined for a quality focused market. *J. Anim. Sci.* 93:5059-5072.
- Azain, M. J. 2004. Role of fatty acids in adipocyte growth and development. *J. Anim. Sci.* 82:916-924.
- Backus, G.B.C., E. van den Broek, B. van der Fels, L. Heres, V. M. Immink, E. F. Knol, M. Kornelis, P. K. Mathur, C. van der Peet-Schwering, J. W. van Riel, H. M. Snoek, A. de Smet, G.M.L. Tacken, N. I. Valeeva, C.P.A. van Wagenberg. 2016. Evaluation of producing and marketing entire male pigs. *Wageningen Journal of Life Sciences* 76:29-41.
- Barkley, K., B. Fields, A. Dilger, and D. Boler. 2018. Rapid Communication: Effect of machine, anatomical location, and replication on instrumental color of boneless pork loins. *J. Anim. Sci.* 96(7):2747-2752.
- Barton-Gade, 1987. Meat and fat quality in boars, castrates, and gilts. *Livest. Prod. Sci.* 16:187-196.
- Bee, G., S. Gebert, and R. Messikommer. 2002. Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig. *J. Anim. Sci.* 80:1564-1574.
- Benz, J. M., M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. L. Nelssen, J. M. DeRouchey, R. C. Sulabo, and R. D. Goodband. 2011. Effects of dietary iodine value product on growth performance and carcass fat quality of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 89:1419-1428.
- Berg, E. P. 1998. *Pork Facts: Critical Points Affecting Fresh Pork Quality within the Packing Plant*. National Pork Producers Council, Des Moines, IA.
- Bertol, T.M., M. Ellis, M.J. Ritter, F.K. McKeith and D.N. Hamilton. 2006. Variation in glycolytic potential and fresh pork quality traits along the longissimus dorsi of slaughter weight pigs. *J. Muscle Foods* 17:237-247.
- Bertol, T. M., E. A. Oliveira, A. Coldebella, V. L. Kawski, A. J. Scandolera, and M. B. Warpechowski. 2015. Meat quality and cut yield of pigs slaughtered over 100 kg live weight. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 67:1166-1174.
- Bhat, Z.F., J.D. Morton, S.L. Mason, A.E.A. Bekhit. 2018. Role of calpain system in meat tenderness: A review. *Food Sci. and Human Wellness* 7:196-204.

- Bidner, B. and F. McKeith, 2006. Feed withdrawal prior to slaughter: Effects on pork quality and safety. Pork Information Gateway (<https://porkgateway.org/>), Factsheet# PIG 12-03-03.
- Bilic-Sobot, D., M. Candek-Potokar, V. Kubale, and D. Skorjanc, 2014. Boar taint: interfering factors and possible ways to reduce it. *Agricultura* 11: No 1-2: pp35-48.
- Boler, D. D., C. L. Puls, D. L. Clark, M. Ellis, A. L. Schroeder, P. D. Matzat, J. Killefer, F. K. McKeith, and A. C. Dilger. 2014. Effects of immunological castration (Improvest) on changes in dressing percentage and carcass characteristics of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 91:359-368.
- Boyd, R. D., M. E. Johnston, K. Scheller, A. A. Sosnicki, and E. R. Wilson. 1997. Relationship between dietary fatty acid profile and body composition in growing pigs. PIC USA T&D Technical Memo153. Pig Improvement Company, USA, Franklin, KY.
- Brewer, M.S., J. Jensen, A.A. Sosnicki, B. Fields, E. Wilson, and F.K. McKeith. 2002. The effect on palatability, color, and physical characteristics of fresh pork chops. *Meat Sci.* 61:249-256.
- Cameron, N. D., and M. B. Enser. 1991. Fatty acid composition of lipid in longissimus dorsi muscle of Duroc and British Landrace pigs and its relationship with eating quality. *Meat Sci.* 29:295-307.
- Channon, H. A., D.N. D'Souza, A.J. Hamilton and F.R. Dunshea. 2013. Gender, cut type, cooking method and endpoint temperature influence eating quality of different pork cut. In: *Manipulating Pig Production XIV*, ed. John Pluske. (Australasian Pig Science Association, Melbourne).
- Channon, H. A., D. N. D'Souza, A. J. Hamilton, and F. R. Dunshea. 2013. Sensory quality of different pork cuts was influenced by sex, cut type, cooking method and endpoint temperature. 59th International Congress of Meat Science and Technology, Izmir, Turkey.
- Channon, H.A., D.N. D'Souza, and F.R. Dunshea. 2016. Developing a cuts-based system to improve consumer acceptability of pork: Impact of gender, ageing period, endpoint temperature and cooking method. *Meat Sci.* 121:216-227.
- Channon, H. A., D.N. D'Souza, R.G. Jarrett, G.S.H. Lee, R.J. Watling, J.Y.C. Jolley, F.R. Dunshea. 2018. Guaranteeing the quality and integrity of pork – An Australian case study. *Meat Sci.* 144:186-192.
- Channon, H.A., M.G. Kerr, and P.J. Walker. 2004. Effect of Duroc content, sex and ageing period on meat and eating quality attributes of pork loin. *Meat Sci.* 881-882.
- Christensen, K. D. 1962. Foderfedtets indflydelse pa smorrets og flaeskets kvalitet. (In Danish.) Thesis, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark.
- Christian, L. L., K. L. Strock, and J. P. Carlson. 1980. Effects of protein, breed cross, sex and slaughter weight on swine performance and carcass traits. *J. Anim. Sci.* 51:51-58.
- Ciobanu, D.C., S.M. Lonergan, J.W.M. Bastiaansen, A. Mileham, B. Miculinich, C. Schultz – Kaster, A.A. Sosnicki, G.S. Plastow and M.F. Rothschild. 2004. Association of new calpastatin alleles with meat quality traits of commercial pigs. 50th International Congress of Meat Sci. & Tech., Helsinki, Finland.
- Correa, J. A., C. Gariépy, M. Marcoux, and L. Faucitano. 2008. Effects of growth rate, sex and slaughter weight on fat characteristics of pork bellies. *Meat Sci.* 80:550-554.
- Crome, P. K., F. K. McKeith, T. R. Carr, D. J. Jones, D. H. Mowrey, and J. E. Cannon. 1996. Effect of Ractopamine on Growth Performance, Carcass Composition, and Cutting Yields of Pigs Slaughtered at 107 and 125 Kilograms. *J. Anim. Sci.* 74:709-716.
- Cromwell, G. L., M. J. Azain, O. Adeola, S. K. Baidoo, S. D. Carter, T. D. Crenshaw, S. W. Kim, D. C. Mahan, P. S. Miller, and M. C. Shannon. 2011. Corn distillers dried grains with solubles in diets for growing-finishing pigs: A cooperative study. *J. Anim. Sci.* 89:2801–2811.

- DEFRA. Electrical stunning in pigs: evaluation of the voltages and frequencies required for effective stunning while maintaining satisfactory carcass quality. Defra project # MH0110 ([http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=MH0110\\_6979\\_FRA.doc](http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=MH0110_6979_FRA.doc)).
- D'Souza D.N., Dunshea F.R., and Mullan B.P. 2011. Finisher Pig Diet and Sex Affect the Sensory Acceptability of Australian Pork for the Japanese Market. 57th International Congress of Meat Science and Technology, 7-12 August 2011, Ghent-Belgium.
- D'Souza, D. N., and B.P. Mullan. 2002. The effect of genotype, sex and management strategy on the eating quality of pork. *Meat Sci.* 60:95-101.
- D'Souza, D. N., & Mullan, B. P. (2003). The effect of genotype and castration method on the eating quality characteristics of pork from male pigs. *Animal Science*, 77, 67–72.
- D'Souza, D. N., F. R. Dunshea, B. J. Leury, and R. D. Warner. 1999. Effect of mixing boars during lairage and pre-slaughter handling on pork quality. *Aust. J. Agric. Res* 50:109-113.
- DeVol, D. L., F. K. McKeith, P. J. Bechtel, J. Novakofski, R. D. Shanks, and T. R. Carr. 1988. Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in a random sample of pork carcasses. *J. Anim. Sci.* 66:385-395.
- Edwards, L., T. Grandin, T. Engle, A. Sosnicki, J. Correa, and D. Anderson. 2009. Use of blood lactate to measure swine handling stress from farm to processing plant: Relationship to pork quality. 55th International Congress of Meat Sci. & Tech., Copenhagen, Denmark.
- Eikelenboom, G., P. G. Van Der Wal, and A. G. De Vries. 1995. The significance of ultimate pH for pork quality. 41st International Congress of Meat Science & Technology, San Antonio, TX, USA.
- Ellis, M., and F. McKeith. 1999. Nutritional influences on pork quality. NPPC Fact Sheet # 04422. National Pork Producers Council, Des Moines, IA.
- England, E.M., T.L. Sheffler, S.C. Kasten, S.K. Matarneh, and D.E. Gerrard. 2013. Exploring the unknowns involved in the transformation of muscle to meat. *Meat Sci.* 95:837-843.
- Engesser, D. J., 2015. Alternatives for boar taint reduction and elimination besides surgical castration and destroying testicular tissue. PHD Dissertation, University of Leipzig, Leipzig, Germany.
- Enser et al., 1984. The composition and consistency of pig backfat as it affects the quality of vacuum-packed rindless bacon rashers. *J. Sci. Food Agric.* 35:1230-1240.
- Estrada Restrepo, J. E. 2013. Factors associated with variation in the fatty acid composition and iodine value of carcass fat in pigs fed increasing levels of dried distillers' grains with solubles. M.S. Thesis. Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, Champaign.
- Faucitano, L. 2018. Preslaughter handling practices and their effects on animal welfare and pork quality. *J. Anim. Sci.* 96:728-738.
- Fields, B., R.E. Klont, S.J. Jungst, E.R. Wilson, G.S. Plastow and A.A. Sosnicki. 2002. New DNA marker affecting muscle glycogen content: Practical implications for pork quality. 48th International Congress of Meat Sci. & Tech., Rome, Italy.
- Fields, B., S.B. Jungst, S. Tabor, E.R. Wilson and A.A. Sosnicki. 2005. Practical use of an economic index for simultaneous genetic improvement of live performance, carcass and meat quality of the modern pig. 51st International Congress of Meat Sci. & Tech., Baltimore, MD, USA.
- Fields, B., S. Newman, S. Jungst and A. Sosnicki. 2009. Common factor analysis of pork quality traits. International Congress of Meat Sci. & Tech., 55th International Congress of Meat Sci. & Tech., Copenhagen, Denmark.
- Fields, B., S. Jungst, N. Matthews and A. Sosnicki. 2017. Increasing market weight has minimal effect on pork loin quality. 63rd International Congress of Meat Sci. & Tech., Cork, Ireland.

- Fields, B., S. Jungst, E. Richards, D. Boler, A. Dilger, A. Sosnicki and N. Matthews. 2018. Common factor analysis of pork loin quality from chops cooked to 63°C. 64th International Congress of Meat Sci. & Tech., Melbourne, Australia.
- Fitzgerald, R. F., K. J. Stalder, J. O. Matthews, C. M. Schultz Kaster and A. K. Johnson. 2009. Factors associated with fatigued, injured, and dead pig frequency during transport and lairage at a commercial abattoir. *J. Anim. Sci.* 87:1156-1166.
- Frieden, L., C. Looft, and E. Tholen. 2011. Breeding for reduced boar taint. *Lohmann Information* 46:21-27.
- Font I Furnols, M., J. Gonzalez, M. Gispert, M.A. Oliver, M. Hortos, J. Perez, P Suarez, and L. Guerrero. 2009. Sensory characterization of meat from pigs vaccinated against gonadotropin releasing factor compared to meat from surgically castrated, entire male and female pigs. *Meat Sci.* 83:438-442.
- Friesen, K. G., J. L. Nelssen<sup>3</sup>, J. k Unruh, R. D. Goodband, and M. D. Tokach. 1994. Effects of the Interrelationship Between Genotype, Sex, and Dietary Lysine on Growth Performance and Carcass Composition in Finishing Pigs Fed to Either 104 or 127 Kilograms. *J. Anim. Sci.* 72:946-954.
- Gamero-Negron, R., J. Sánchez del Pulgar, and C. García. 2015. Immune-spaying as an alternative to surgical spaying in Iberian × Duroc females: Effect on quality characteristics and fatty acid profile in dry-cured shoulders and loins. *Meat Sci.* 104:52-57.
- Gamero-Negron, R., J. Sánchez del Pulgar, J. Ventanas, and C. García. 2015. Immune spaying as an alternative to surgical spaying in Iberian × Duroc females: Effect on carcass traits and meat quality characteristics. *Meat Sci.* 99:99-103.
- García-Macías, J. A., M. Gispert, M. A. Oliver, A. Diestre, P. Alonso, A. Muñoz-Luna, K. Siggins, and D. Cuthbert-Heavens. 1996. The effects of cross, slaughter weight, and halothane genotype on leanness and meat and fat quality in pig carcasses. *Anim. Sci.* 63:487-496.
- Gispert, M., M. À. Oliver, A. Velarde, P. Suarez, J. Pérez, M. Font i Furnols. 2010. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. *Meat Sci.* 85:664-670.
- Graham, A. B., R. D. Goodband, M. D. Tokach, S. S. Dritz, J. M. DeRouchey, and S. Nitikanchna. 2014. The interactive effects of high-fat, high-fiber diets and ractopamine HCl on finishing pig growth performance, carcass characteristics, and carcass fat quality. *J. Anim. Sci.* 92:4585–4597.
- Greaser, M.L., H. Okochi and A.A. Sosnicki. 2001. Role of fiber types in meat quality. 47th International Congress of Meat Science & Technology, Krakow, Poland. Gregory, N.G. 1998. *Animal Welfare and Meat Science*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Grela, E.R., E. Kowalczyk-Vasilev, R. Klebaniuk. 2013. Performance, pork quality and fatty acid composition of entire males, surgically castrated or immunocastrated males, and female pigs reared under organic system. *Polish J. Vet. Sci.* 16:107–114.
- Hansen, J. A. 2001. Dietary influencers of Pork Quality and practical solutions to quality problems. CFIA Swine Nutrition Conference. Pp 21-32.
- Hedrick, H.B., E.D. Aberle, J.C. Forrest, M.D. Judge, and R. A. Merkel. 1994. *Principles of Meat Science*. 3rd Edition. Kendall/Hunt Pub. Co.
- Hendricks, D. H. and M. R. King, 2014. A review of the literature on boar taint for New Zealand Pork. [www.nzpork.co.nz/images/custom/literature\\_review\\_on\\_boar\\_taint.pdf](http://www.nzpork.co.nz/images/custom/literature_review_on_boar_taint.pdf)
- Hoffman, K. 1994. What is Quality? *Meat Focus International*, 2, 73-82, 1994
- Humane Slaughter Association. 2016. *Electrical Stunning of Red Meat Animals*. The Old School, Brewhouse Hill, Wheathampstead, Herts, AL4 8AN, UK

- Huff-Lonergan, E. 2006. The role of carcass chilling in the development of pork quality. Pork Information Gateway (<https://porkgateway.org/>), Factsheet# PIG 12-03-02.
- Huff-Lornegan, E. T. J. Baas, M. Malek, J.C.M. Dekkers, K. Prusa, and M. F. Rothschild. 2002. Correlations among selected pork quality traits. *J. Anim. Sci.* 80:617-627.
- Janjic, J., J. Ivanović Ciric, J. Aleksic, N. Glamoclija, M. Starcevic, A. Radovanovic, M. Z. Baltic. 2017. The effects of immunocastration on male pig yield parameters and meat quality. *Meat Tech.* 58:1-9.
- Jensen, B. B., 2006. Prevention of boar taint in pig production. Factors affecting the level of skatole. *Acta Veterinaria Scandinavica* 48 (Suppl 1): S6.
- Jeremiah, L.E., 2006. Marbling and Pork Tenderness. Pork Information Gateway (<https://porkgateway.org/>), Factsheet# PIG 12-04-01.
- Kellner, T. A., K. J. Prusa, and J. F. Patience. 2014. Impact of dietary fat source and concentration and daily fatty acid intake on the composition of carcass fat and iodine value sampled in three regions of the pork carcass. *J. Anim. Sci.* 92:5485–5495.
- Kellner, T. A. 2014. Impact of dietary fat intake on carcass iodine value and pork fat quality. M.S. Thesis. Iowa State Univ., Ames.
- Klont, R.E., G.S. Plastow, E.R. Wilson, J.P. Garnier and A.A. Sosnicki. 2001. Prediction of pork quantity and quality – bridging the gap between myogenesis and consumer science. 47th International Congress of Meat Science & Technology, Krakow, Poland.
- Klont, R.E., P.M. Davidson, B. Fields, B.L. Knox, R.L.J.M. Van Laack and A.A. Sosnicki. 2002. Relationship between ultimate pH, shelf life and drip loss of pork loins. 48th International Congress
- Latorre, M. A., E. García-Belenguer, and L. Ariño. 2008. The effects of sex and slaughter weight on growth performance and carcass traits of pigs intended for dry-cured ham from Teruel (Spain). *J. Anim. Sci.* 86:1933-1942. of Meat Science & Technology, Rome, Italy.
- Latorre, M. A., G. Ripoll, E. García-Belenguer, and L. Amino. 2009. The increase of slaughter weight in gilts as a strategy to optimize the production of Spanish high quality dry-cured ham. *J. Anim. Sci.* 87:1464-1471.
- Lo Fiego, D. P., P Santoro, P. Macchioni, and E. De Leonibus. 2005. Influence of genetic type, live weight at slaughter, and carcass fatness on fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue of raw ham in the heavy pig. *Meat Sci.* 69:107-114.
- Lonergan, S.M., D.G. Topel, and D.N. Marple. 2019. *The Science of Animal Growth and Meat Technology.* Academic Press, Elsevier.
- Madsen, A., K. Jakobsen and H.P. Mortensen. 1992. Influence of dietary fat on carcass fat quality in pigs. A review. *Acta Agric. Scand. (Sec. A) Anim. Sci.* 42:220.
- Mathur, P.K., J. ten Napel, S. Bloemhof, L. Heres, E. F. Knol, and H. A. Mulder. 2012. A human nose scoring system for boar taint and its relationship with androstenone and skatole. *Meat Sci.* 91:414-422.
- Matthews, N., S. Jungst, C. Jones, B. Fields and A. Sosnicki. 2009. Does piglet birth weight affect carcass composition and meat quality? 55th International Congress of Meat Sci. & Tech., Copenhagen, Denmark.
- Matthews, N., L. Greiner, C. Neill, B. Fields, S. Jungst, R. Johnson, and A. Sosnicki. 2014. Effect of feed form (mash vs. pellets) and ractopamine on pork fat quality. *J. Anim. Sci.* 92(Suppl 2): 149(Abstract).
- Matthews, N., Brandon Fields, Steve Jungst, Andrzej Sosnicki. 2018. Impact of sire line and sex on fat firmness. 64th International Congress of Meat Science & Technology, Melbourne, Australia.
- Matthews, N., B. Fields, and A. Sosnicki. 2019. Analysis of commercial benchmarking data to assess the relationship of animal handling and carcass chilling rate on pork quality. 65th International Congress of Meat Sci. & Tech., Potsdam, Germany.

- Mayes, P. A. 1996. Harper's Biochemistry. 24th Ed. Editors: R. K. Murray, D. K. Granner, P. A. Mayes, and V. W. Rodwell. Stamford, CT.
- Meisinger, D., 2002. A System for Assuring Pork Quality. National Pork Board, Des Moines, IA.
- Nemechek, J. E., M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, J. M. DeRouchey, and J. C. Woodworth. 2015. Effects of diet form and type on growth performance, carcass yield, and iodine value of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 93:4486-4499.
- NPB, 2000. Pork Composition and Quality Assessment Procedures. National Pork Board, Des Moines, IA.
- NPPC, 1991. Procedures to evaluate market hogs. 3rd ed. National Pork Producers Council, Des Moines, IA.
- Nürnberg, K., J. Wegner, and K. Ender. 1998. Factors influencing fat composition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livest. Prod. Sci.* 56:145-156.
- Overholt, M. F., J. E. Lowell, K. B. Wilson, R. J. Matulis, H. H. Stein, A. C. Dilger, and D. D. Boler. 2016. Effects of feeding pelleted diets without or with distillers dried grains with solubles on fresh belly characteristics, fat quality, and commercial bacon slicing yields of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 94:2198-2206.
- Paulk, C. B., J. R. Bergstrom, M. D. Tokach, S. S. Dritz, D. D. Burnett, E. W. Stephenson, M. A. Vaughn, J. M. DeRouchey, R. D. Goodband, J. L. Nelssen, and J. M. Gonzalez. 2015. Equations generated to predict iodine value of pork carcass back, belly, and jowl fat. *J. Anim. Sci.* 93:1666–1678.
- Pauly, C., W. Luginbühl, S. Ampuero, G. Bee. 2012. Expected effects on carcass and pork quality when surgical castration is omitted — Results of a meta-analysis study. *Meat Sci.* 92:858-862.
- Pauly C., P. Spring-Staehli, J.V. O'Doherty, S. Ampuero Kragten, S. Dubois, J. Messadène, and G. Bee. 2010. The effects of method of castration, rearing condition and diet on sensory quality of pork assessed by a trained panel. *Meat Sci.* 86:498-504.
- Pauly, C., P. Spring, J. V. O'Doherty, S. Ampuero Kragten, and G. Bee. 2009. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (ImprovacR) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. *Animal* 3:1057-1066.
- Pérez-Ciria, L., G. Carcò, F. J. Miana-Mena, O. Mitjana, M. V. Falceto and M. A. Latorre. 2021. Immunocastration in Gilts: A Preliminary Study of the Effect of the Second Dose Administration Time on Growth, Reproductive Tract Development, and Carcass and Meat Quality. *Animals* 2021, 11, 510.
- PIC. 1996. Pork Quality Blueprint. Technical Update v1 no.7, PIC USA, Franklin, KY.
- PIC. 2003. Meat Quality: Understanding Industry Measurements and Guidelines. Technical Update. PIC USA, Franklin, KY.
- PIC. 2006. Looking for more Marbling? Cutting Edge, Quarter 2. Franklin, KY, USA.
- PIC. 2007. Crossbred breeding values: A tool for further improvement of carcass value. Cutting Edge, Quarter 1. Hendersonville, TN, USA.
- PIC. 2008. Common factors that determine pork quality. Cutting Edge, Quarter 2. Hendersonville, TN, USA.
- PIC. 2009. Genetics of pork quality: The importance of including loin pHu in pig genetic improvement programs. Cutting Edge, Quarter 2. Hendersonville, TN, USA.
- PIC. 2010. Pork fat quality. Cutting Edge, Quarter 1. Hendersonville, TN, USA.
- Pommier S.A, A. Murray, W. Robertson, J. Aalhus, L. Gibson, A. Diestre, A. Sosnicki, and R. Klont. 2004. Effect of genetics on meat quality and sensory properties of pork. 50th International Congress of Meat Sci. & Tech., Helsinki, Finland.



- Pospiech, E., M. Szalata, R.L.J.M. van Laack, A.A. Sosnicki and M.L. Greaser. 2001. Tenderness and protein changes of pork in relation to pig genotype and postmortem glycolysis phenotype. 47th International Congress of Meat Science & Technology, Krakow, Poland.
- Price, H.E., A. B. Lerner, E. A. Rice, J. E. Lowell, B. N. Harsh, K. E. Barkley, L. T. Honegger, E. Richardson, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, J. M. DeRouchey, T. G. O'Quinn, M. Allerson, B. Fields, D. A. King, T. L. Wheeler, S. D. Shackelford, A. C. Dilger, D. D. Boler. 2019. Characterizing ham and loin quality as hot carcass weight increases to an average of 119 kg. *Journal of Meat and Muscle Biology*.3 (1):330-343
- Raj, A.B.M., and N.C. Gregory. 1996. Welfare implications of the gas stunning of pigs 2.
- Rice, E.A., A.B. Lerner, B. A. Olson, L. L. Prill, L. N. Drey, H. E. Price, J.E. Lowell, B. N. Harsh, K. E. Barkley, L. T. Honegger, E. Richardson, J. C. Woodworth, J. M. Gonzalez, M.D. Tokach, J. M. DeRouchey, S. S. Dritz, R. D. Goodband, M.W. Allerson, B. Fields, S.D. Shackelford, D. A. King, T. L. Wheeler, A. C. Dilger, D. D. Boler and T.G. O'Quinn. 2019. Effects of increased pork hot carcass weights. II: Loin quality characteristics and palatability ratings. *Journal of Meat and Muscle Biology*. 3(1):447-456.
- Stress of induction of anesthesia. *Animal Welfare*, 5, 71–78.
- Scott, R. A., S. G. Cornelius, and H. J. Mersmann. 1981. Fatty acid composition of adipose tissue from lean and obese swine. *J. Anim. Sci.* 53:977-981.
- Sindhoj, E., C. Lindahl, and L. Bark. 2021. Review: Potential alternatives to high-concentration carbon dioxide stunning of pigs at slaughter. *Animal* 15:3, 100164.
- Stein, H. H. and G. C. Shurson, 2009. The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. *J. Anim. Sci.* 87:1292-1303.
- Suzuki, K., M. Ishida, H. Kadowaki, T. Shibata, H. Uchida, and A. Nishida. 2006. Genetic correlations among fatty acid compositions in different sites of fat tissues, meat production, and meat quality traits in Duroc pigs. *J. Anim. Sci.* 84:2026-2034.
- Thomsen, R., 2015. Management of organic entire male pigs – boar taint and animal welfare issues. PHD Dissertation, Aarhus University, Aarhus, Denmark.
- Wagner, J. R., A. P. Schinckel, W. Chen, J. C. Forrest, and B. L. Coe. 1999. Analysis of Body Composition Changes of Swine During Growth and Development. *J. Anim. Sci.* 77:1442-1466.
- White, H. M., B. T. Richert, A. P. Schinckel, J. R. Burgess, S. S. Donkin, and M. A. Latour. 2008. Effects of temperature stress on growth performance and bacon quality in grow-finish pigs housed at two densities. *J. Anim. Sci.* 86:1789-1798.
- Wilson, K.B., M.F. Overholt, C.M. Shull, C. Schwab, A.C. Dilger, and D.D. Boler. 2017. The effects of instrumental color and extractable lipid content on sensory characteristics of pork loin chops cooked to a medium-rare degree of doneness. *J. Anim. Sci.* 95:2052-2060.
- Valeeva, N. I., G.B.C. Backus, and W.H.M. Baltussen. 2009. Moving towards boar taint-free meat: an overview of alternatives to surgical castration from a chain perspective. 17th International Farm Management Congress, Bloomington/Normal, Illinois. Pp 131-144.
- Virgili, R., M. Degni, C. Schivazappa, V. Faeti, E. Poletti, G. Marchetto, M. T. Pacchioli, and A. Mordent. 2003. Effect of age at slaughter on carcass traits and meat quality of Italian heavy pigs. *J. Anim. Sci.* 81:2448-2456.
- Wu, F., L. J. Johnston, P. E. Urriola, G. C. Shurson. 2016. Pork fat quality of pigs fed distillers dried grains with solubles with variable oil content and evaluation of iodine value prediction equations. *J. Anim. Sci.* 94:1041–1052.

- Van den Broeke, A., F. Leen, M. Aluwé, B. Ampe, J. Van Meensel, and S. Millet. 2016. The effect of GnRH vaccination on performance, carcass, and meat quality and hormonal regulation in boars, barrows, and gilts. *J. Anim. Sci.* 94:2811-2820.
- van Wagnberg, C.P.A., H. M. Snoek, J. B. van der Fels, C. M. C. van der Peet-Schwering, H. M. Vermeer, and L. Heres. 2013. Farm and management characteristics associated with boar taint. *Animal* 7-11, pp 1841-1848.
- Xue, J., G.D. Dial, J. E. Pettigrew. 1997. Performance, carcass, and meat quality advantages of boars over barrows: A literature review. *Swine Health and Production* 5:21-28.
- Xu, G., S. K. Baidoo, L. J. Johnston, D. Bibus, J. E. Cannon, and G. C. Shurson. 2010. Effects of feeding diets containing increasing content of corn distillers dried grains with solubles to grower-finisher pigs on growth performance, carcass composition, and pork fat quality. *J. Anim. Sci.* 88:1398-1410

## ПРИМЕЧАНИЯ





Never  
Stop  
Improving

**PIC North America**

100 Bluegrass Commons Blvd. | Suite 2200 | Hendersonville, TN 37075 | 800-325-3398 | [www.PIC.com](http://www.PIC.com)