

DOI: 10.37925/0039-713X-2023-8-6-10

УДК 636.4.033

Спектральные значения цветовых характеристик мяса

чистопородных и помесных свиней



А.А. БЕЛОУС, кандидат биолог. наук, ст. научный сотрудник, e-mail: belousa663@gmail.com, П.И. ОТРАДНОВ, мл. научный сотрудник, А.А. РЕШЕТНИКОВА, мл. научный сотрудник, Т.В. КАРПУШКИНА, кандидат биолог. наук, ст. научный сотрудник, Н.А. ЗИНОВЬЕВА, доктор биолог. наук, профессор, академик РАН, Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста

Цвет мяса является первым визуально-сенсорным показателем качества свинины и считается прямой первичной детерминантой при принятии решений о покупке потребителем. Цветовые характеристики мясной продукции позволяют составить начальное представление о качестве мяса, возрасте животного при убое, условиях его содержания и рационе. Однако визуальная экспертная оценка ввиду индивидуальных особенностей восприятия не лишена субъективной составляющей, вносящей искажения в итоговое заключение. Для объективной оценки качества мяса на основании данных о его цвете используются специальные цветовые шкалы. В нашем исследовании шкала $L^*a^*b^*$, доказавшая свою эффективность в ряде отраслей мясного животноводства, была применена для анализа мяса чистопородных и помесных свиней второго поколения (товарные животные).

Ключевые слова: спектр цвета, метод $L^*a^*b^*$, свинина, свиньи породы дюрок, помесные свиньи, сельскохозяйственные животные.

Spectral values of color characteristics of meat of purebred and crossbred pigs

A.A. BELOUS, candidate of biological sciences, senior researcher, e-mail: belousa663@gmail.com, P.I. OTRADNOV, junior researcher, A.A. RESHETNIKOVA, junior researcher, T.V. KARPUSHKINA, candidate of biological sciences, senior researcher, N.A. ZINOVIEVA, doctor of biological sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center for Animal Husbandry named after academy member L.K. Ernst

Meat color is the first visual-sensory indicator of pork quality and is considered a direct primary determinant in consumer purchasing decisions. Color characteristics of meat products allow to make a primary idea about the quality of meat, the age of the animal at slaughter, conditions of its housing and diet. However, visual expert assessment, due to individual peculiarities of perception, is seen as not devoid of subjective component, introducing distortions in the final conclusion.

In this regard, special color scales are used for objective assessment of meat quality on the basis of data on its color. In our study, the $L^*a^*b^*$ scale, which has proven its effectiveness in a number of branches of meat animal breeding, was used to analyze the meat of purebred and second-generation pigs (marketable animals).

Key words: color spectrum, $L^*a^*b^*$ method, pork, Duroc pigs, crossbred pigs, farm animals.

■ Введение

Важным качественным параметром мяса является его цвет. Данный показатель позволяет косвенно определить свежесть и качество продукции. Цвет мяса подвержен влиянию как генетических (порода, генотип, пол, тип мышц), так и паратипических (кормовые добавки с витамином Е или креатином, предубойное содержание, технология убоя) факторов, воздействую-

щих на конечный pH_{24} . Очевидно, что на цветовые характеристики могут оказывать влияние и послеубойные факторы, такие как срок и условия хранения мяса (температура, атмосфера, свет) [1, 2]. Цвет также является первым атрибутом качества пищевых продуктов, оцениваемым потребителями. Из этого следует, что контроль этого показателя является важным элементом маркетинга [3].

Органолептические характеристики продуктов питания могут изменяться в зависимости от качества сырья, длительности и температуры хранения. Данные изменения можно выявить с помощью инструментальных приборов, а также путем восприятия цвета, вкуса и запаха органами чувств человека. Однако органы чувств не всегда дают точные результаты, поскольку изменение цвета мяса определяется субъективно.

Поэтому фиксация характерных спектральных изменений в продуктах питания, не имеющих однородного цвета, методом инструментального анализа, результатом которого являются не подверженные двоякому толкованию числовые значения, видится особенно важным.

Хорошо известно, что потребители используют цветовой спектр при принятии решения о покупке мяса, обычно предпочитая яркую вишнево-красную говядину или баранину [4] и красновато-розовую свинину [5]. Напротив, потребители дискриминируют коричневый или пурпурный оттенок при покупке мяса, интерпретируя цвет как показатель свежести и полноценности продукта [6, 7]. В связи с этим повышение качества выходной продукции для производителей может оказать положительное влияние на спрос и рыночную стоимость. Методы количественной и качественной оценки продуктов из свинины являются актуальными как для промышленности, так и для научной сферы [8–10].

Автоматизированные приборы, используемые для данного метода, обладают чувствительностью, с помощью которой можно измерять цвет на изображении высокого разрешения, поэтому технические характеристики приборов-анализаторов важны при оценке тонких цветовых параметров продуктов питания [11].

Для измерения цветовых характеристик мяса применяют шкалу $L^*a^*b^*$, интерпретирующую цветовой спектр в рамках трех координат: a^* – красный/зеленый, b^* – желтый/синий и L^* – светлый/темный [12, 13]. К приборам, использующим данную модель, относятся Konica Minolta и HunterLab MiniScan, однако они ограничены областью измерения (размером апертуры), а также погрешностью, связанной с наличием внутримышечного жира в области измерения, что отрицательно сказывается на надежности и точности подобных приборов [14]. Место отбора проб на продукте, диаметр точечного измерения, а также количество измерений оказывают существенное влияние на точность получения итоговых значений цвета [15].

Цель исследования состояла в том, чтобы изучить способность характеристик цветового спектра предсказывать индивидуальные оценки и разработать эталонные

значения у чистопородных и помесных свиней для получения товарного мяса высокого качества.

Для достижения обозначенной цели были поставлены следующие задачи:

- разработать методику измерения цвета свинины с применением портативного спектрофотометра;
- установить эталонные значения спектра;
- сравнить полученные данные с аналогичными исследованиями.

Материалы и методы исследования

Для измерения цветовых характеристик мяса использовали спектрофотометр CM-700d. С его помощью были определены цветовые характеристики в пяти точках «мышечного глазка». Данный прибор предусматривает трехкоординатную модель цвета $L^*a^*b^*$, где L^* – яркость (свет), a^* – диапазон красного и зеленого, b^* – диапазон желтого и синего цветов (рис. 1, 2). Таким образом, в области отрицательных значений a и b находится спектр холодных цветов, а в области

положительных значений – теплых. Показатель яркости (L^*) получают путем измерения отражения света от поверхности мяса. Ось L варьирует от 0 до 100, где 100 – участок, соответствующий диффузному белому, а 0 – черному. Изменение параметров L не влияет на насыщенность цвета – он сохраняет естественные свойства так же, как и в реальности: цвет не становится грязнее от того, что на него падает тень. Черно-белая гамма получается при нулевых значениях координат a и b [15]. Измеритель (апертуру) стандартизировали в соответствии с калибровочной пластиной ($L^*=89,2$, $a^*=0,921$ и $b^*=0,783$).

Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №2175 от 16 октября 2018 года спектрофотометр Konica Minolta модель CM-700d внесен в Госреестр средств измерений с регистрационным номером 72739-18.

В данном исследовании спектр цвета «мышечного глазка» над 10–12-м позвонками был измерен после процедуры забоя у боровов товарных помесей второго поколения

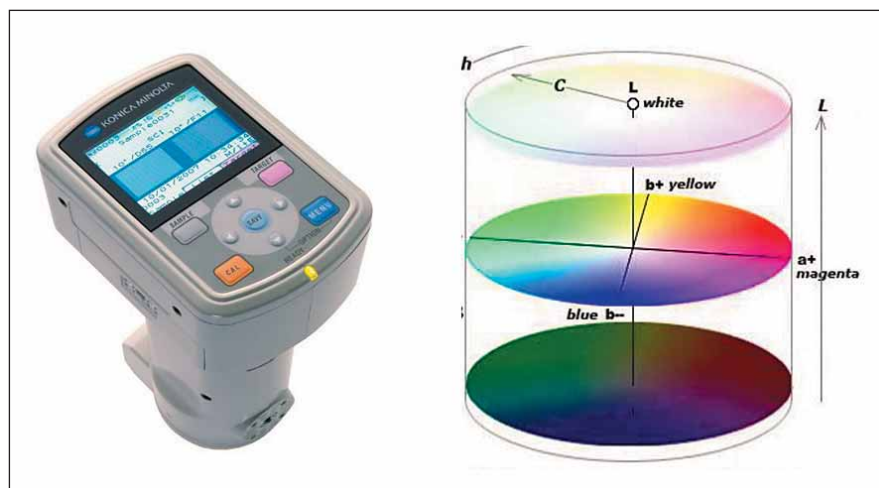


Рис. 1. Цветовая аббревиатура: L^* устанавливает координаты света (100) и тени (0), a^* – спектр от зеленого (-128) до пурпурного (127), b^* – спектр от голубого (-128) до желтого (127)

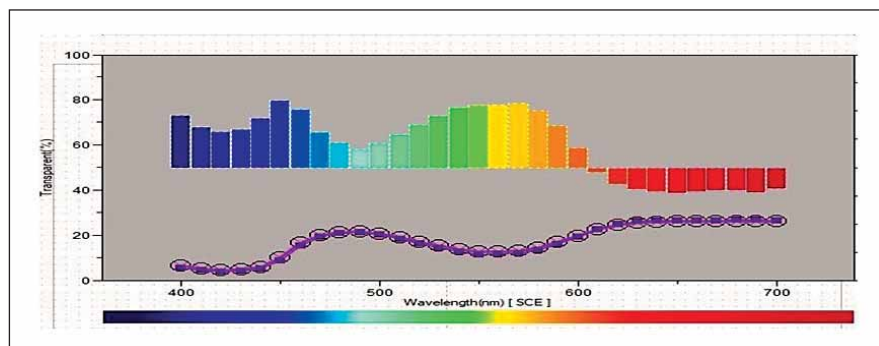


Рис. 2. Сравнение экспериментальных данных по спектру цвета с эталоном по популяции

($n=200$ голов) и чистопородных свиной дюрок ($n=100$ голов) (рис. 3, 4). Цвет мяса оценивался через 24 часа после охлаждения при температуре $+4^{\circ}\text{C}$.

■ Результаты и обсуждение

Характеристики внешнего вида мяса, такие как цвет и визуальная текстура (товарный вид), важны для потребителя при покупке мяса. Свиная хорошая качества обычно красного цвета, твердая и без экссудата. Различные сочетания цвета, текстуры и водообмен определяют следующие категории качества: RSE – красная, мягкая и экссудативная, DFD – нормальная и PSE – бледная, мягкая и экссудативная. Определение данных категорий чаще всего происходит по показателю pH_{24} (24–48 часов после забоя). Когда качество мяса не оценивается точно, производители и переработчики несут экономические потери.

Степени качества можно объективно оценить с помощью приборов или химических анализов, но эти методы могут занимать много времени и разрушать образцы. На практике качество мяса обычно определяется или опытным оценщиком, или в химической лаборатории. И результаты таких оценок могут быть различными. Таким образом, отрасль свиноводства нуждается в объективном и неразрушающем методе быстрой классификации мяса по его качеству с учетом пожелания потребителей.

Для сравнительного анализа были взяты результаты спектрометрических измерений образцов мяса чистопородных и помесных свиней, полученных с помощью одного прибора CM-700d, работающего на платформе трехступенчатых цветовых волн $L^*a^*b^*$.

Для получения более объективных данных измерений была разработана методика по определению цвета на основании пяти точек снимка «мышечного глазка» (рис. 4).

Как правило, потребительским предпочтениям соответствует свинина ярко-красного цвета. Излишняя бледность или затемненность мяса снижают его товарные качества. Также цвет мяса зависит от содержания миоглобина, гемоглобина, ферментов и мембранных белков в скелетных мышцах. После тщательного обескровливания доля миоглобина в мышцах может достигать 80–90%.

Хрячки породы дюрок являются отцовской формой при выведении

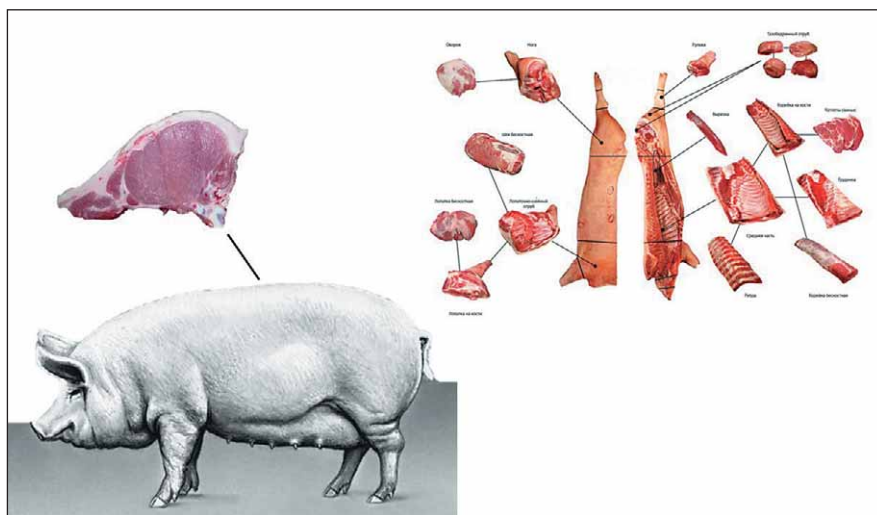


Рис. 3. Взятие образца для измерения цвета мяса у свиней

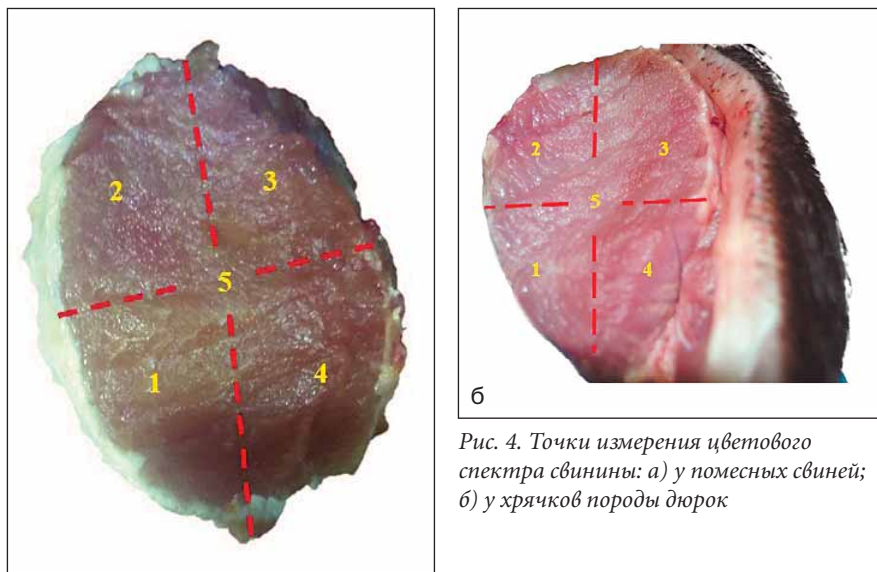


Рис. 4. Точки измерения цветового спектра свинины: а) у помесных свиней; б) у хрячков породы дюрок

трехпородных помесей, в связи с чем проведено сравнение фактических признаков спектра цвета и pH_{24} .

Выполненные ранее исследования на свиньях породы дюрок в Республике Корея выявили следующие значения цвета вырезки: $L^* - 47,21$, $a^* - 4,13$, $b^* - 12,89$, что отличается от нашей популяции на 15,4%, 8,3% и 10,2% соответственно [15]. В эксперименте J.A. Kim et al. по спектру мяса свиней породы дюрок значения составляют: $L^* - 44,43$, $a^* - 15,44$, $b^* - 5,49$, что существенно превосходит по на-

сыщенности нашу популяцию – на 108%, 343% и 52,3% соответственно (табл. 1) [16].

Средние значения изучаемых образцов свинины также подтверждаются результатами исследования M. Szyndler-Nędza, проведенными на свиньях золотницкой пятнистой породы [13]. В этом исследовании производилась оценка влияния типа откорма свиней на ряд показателей, включавших цветовые характеристики мяса. В результате значение L^* составляло 47,9, что на 13,8% превышало значения, полученные

Таблица 1. Значения цветового спектра мяса свиней породы дюрок ($n=100$)

Показатель	$M \pm m$	Min	Max	CV%
L^*	$40,9 \pm 0,3$	31,2	48,5	7,3
a^*	$4,5 \pm 0,3$	3,7	5,2	6,7
b^*	$11,7 \pm 0,2$	9,1	14,8	7,1
pH_{24}	$5,61 \pm 0,6$	5,37	5,95	10,7

Примечание. Здесь и далее: M – среднее арифметическое значение, m – ошибка, Min – минимальное значение, Max – максимальное значение, CV% – коэффициент вариации, который является процентным выражением отношения стандартного отклонения (б) случайной величины к ее среднему значению. pH – водородный показатель кислотности мяса.

в нашем исследовании, a^* – 12,7, что выше на 69,3%, и b^* – 12,6, что больше на 9,6%. Полученные в рамках нашего исследования результаты представлены в **таблице 2**.

На увеличение красного спектра цвета мяса влияют такие факторы, как порода, направление продуктивности, рацион и наличие стрессовых факторов.

Значения спектров a^* и b^* характеризовались высоким коэффициентом вариации (28,4% и 10,8% соответственно), что подтверждает влияние генетического фактора помесности на изменчивость этих показателей, имея в виду контроль условий содержания, клинического здоровья животных в выборке и соблюдения методов минимизации стресса при убое.

Для получения особей, наиболее близких к эталонным спектральным значениям, были взяты помесные свиньи с максимальным отклонением от абсолютного числа на 0,05% (L^*), 1,33% (a^*) и 2,78% (b^*) и хрячки породы дюрок – на 0,29%, 1,33% и 13,32% соответственно выше перечисленных показателей (**табл. 3**).

У помесных свиней среди отобранных образцов относительная разница по световому оттенку между минимальным и максимальным значением составляет 0,52%, по оттенку красного – 26,69%, по спектру желтизны – 9,66%. У хрячков породы дюрок данный диапазон был 0,8%, 112,5% и 18,2% соответственно. Наблюдается большая вариативность пурпурного цвета у животных, близких к эталонному значению спектра.

■ Заключение

Разработка и утверждение методологии измерения спектрального диапазона мяса разных видов сельскохозяйственных животных необходимы для понимания влияния генетической составляющей при формировании товарного стада с учетом предпочтений потребителей.

Были обнаружены различия в параметрах спектрального компонента мяса для трехпородных помесей и чистопородных хрячков породы дюрок, проанализированных в настоящем исследовании. Выбор данных популяций для сравнительного анализа объясняется непосредственным участием хрячков породы дюрок в конечном получении товарных помесей второго поколения. Оптимальный вариант

Таблица 2. Значения цветового спектра мяса помесных животных (n=200)

Показатель	$M \pm m$	Min	Max	CV%
L^*	42,1±0,2	34,1	49,2	6,7
a^*	7,5±0,2	3,4	12,0	28,4
b^*	11,5±0,1	8,8	14,5	10,8
pH_{24}	6,02±1,2	5,42	6,60	18,6

Таблица 3. Пять наиболее приближенных к эталонным значениям образцов в изучаемых популяциях свиней

Материал исследования	L^*	a^*	b^*
Помесные свиньи (n=200)			
1	42,12	7,31	12,26
2	42,10	7,64	13,72
3	42,16	9,02	13,70
4	42,10	9,10	13,40
5	42,34	5,77	11,18
Min...Max	42,10...42,34	5,77...7,64	11,18...13,72
Эталон*	42,10	7,54	11,50
Хрячки породы дюрок (n=100)			
1	40,87	4,59	10,15
2	40,70	3,78	9,43
3	41,02	3,19	8,59
4	40,97	2,16	8,76
5	40,92	2,67	8,90
Min...Max	40,70...41,02	2,16...4,59	8,59...10,15
Эталон	40,90	4,53	11,71

* За эталон приняты средние значения популяции.

получения однородной спектральной длины цвета – определение оттенков на пяти точках измеряемого образца, которые для точности необходимо делить на долевые участки в зависимости от апертуры прибора (MAV: Ø8 мм).

Полученные значения спектра свинины сравнили с аналогичными исследованиями, проведенными на спектрофотометре Konica Minolta, работающем по системе $L^*a^*b^*$. Значения, взятые из научных источников по чистопородным свиньям породы дюрок и злотницкой пятнистой породе, свидетельствуют о различиях в оттенках спектра, вызванных условиями кормления, содержания, стрессовыми факторами при убое и породной принадлежностью.

Предварительные эталонные значения были разработаны с учетом вышеперечисленных факторов. Средние (эталонные) величины спектра составили: для помесных свиней – 42,10 L^* , 7,54 a^* и 11,50 b^* ; для хрячков породы дюрок – 40,90 L^* , 4,53 a^* и 11,71 b^* . Так как данные выборки

являются репрезентативными, эталонные значения при последующем увеличении могут подвергнуться существенным изменениям.

Мясо чистопородных свиней имеет более низкое значение pH_{24} (5,61), чем мясо помесных свиней (6,02), что указывает на полученный стресс (в том числе температурный) в забойном цехе. Разница составляет 7,3%.

Дальнейшие исследования будут направлены на увеличение выборки и расширение диапазона сельскохозяйственных видов животных для разработки методических рекомендаций по спектру мяса товарного предназначения. Полученные убойные и цветовые характеристики лягут в основу корреляционной плеяды для последующей оценки генетической составляющей изучаемых хозяйственно полезных признаков.

Исследования проведены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, регистрационный номер темы государственного задания FGGN-2022-0007

Литература

1. Kuo I.Y. Signaling in muscle contraction/I.Y. Kuo, B.E. Ehrlich. Cold Spring Harb. Perspect. Biol., 2015. Vol. 7(2). P. a006023. DOI: 10.1101/cshperspect.a006023.
2. Lucas L.V. Whole-genome association analysis of pork meat pH revealed three significant regions and several potential genes in Finnish Yorkshire pigs medicine/L.V. Lucas, M.-L. Sevon-Aimonen, T.V. Serenius, V. Hietakangas, P. Uimari. Biology Published in BMC Genetics, 2017. DOI: 10.1186/s12863-017-0482-x.
3. Wu D. Colour measurements by computer vision for food quality control: A review/D. Wu, D.W. Sun. Trends in Food Science & Technology, 2013. Vol. 29(1). P. 5–20. DOI: 10.1016/j.tifs.2012.08.004.
4. Alcicek Z. Development and application of The Two Omega method for accurate object recognition and color analysis/Z. Alcicek, M.D. Balaban. Journal of Food Engineering, 2012. Vol. 111(1). P. 46–51. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.01.031.
5. Balaban M.D. Quantifying non-homogeneous colors in agricultural materials. Part O: Method development/M.D. Balaban. Journal of Food Science, 2008. Vol. 73(9). P. 431–437. DOI: 10.1111/j.17503841.2008.00807.x.
6. Balaban M.D. Colour change of the snapper (*Pagrus auratus*) and gurnard (*Chelidonichthys kumu*) skin and eyes during storage: Effect of polarization and contact with ice/M.D. Balaban, K. Stewart, G.C. Fletcher, Z. Alcicek. Journal of Food Science, 2014. Vol. 79(12). P. 456–462. DOI: 10.1111/1750-3841.
7. Balaban M.D. Quantifying non-homogeneous colors in agricultural materials. Part OO: Comparison of machine vision and sensory panel evaluations/M.D. Balaban, J. Aparicio, M. Zotarelli, C. Sims. Journal of Food Science, 2008. Vol. 73(9). P. 438–442. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00967.x.
8. Karamucki T. A comparison of two methods of determining colour change in the assessment of the quality of pork/T. Karamucki, A. Rybarczyk, M. Jakubowska, A. Sulerzycka. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 2017. Vol. 16(3). P. 321–329. DOI: 10.17306/J.AFS.0499.
9. Sun X. Prediction of pork loin quality using online computer vision system and artificial intelligence model/X. Sun, J. Young, J.H. Liu, D. Newman. Meat Sci., 2018. Vol. 140. P. 72–77. DOI: 10.1016/j.meatsci.2018.03.005.
10. Theodorou K. Circular mating as an option for the genetic management of captive populations: Response to Caballero et al./K. Theodorou, D. Couvet. Heredity, 2017. №119. P. 49–50. DOI: 10.1038/hdy.2017.16.
11. Белоус А.А. Цветовая характеристика мяса товарных гибридов – первые результаты/А.А. Белоус, А.А. Сермягин, Н.А. Зиновьева. Труды КубГАУ, 2020. №86. С. 140–145. DOI: 10.21515/1999-1703-86-140-145.
12. Yagiz Y. Comparison of Minolta colorimeter and machine vision system in measuring colour of irradiated Atlantic salmon/Y. Yagiz, M.D. Balaban, H.G. Kristinsson, B.A. Welt, M.R. Marshall. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2009. Vol. 89(4). P. 728–730. DOI: 10.1002/jsfa.3467.
13. Szyndler-Nędza M. The Quality and health-promoting value of meat from pigs of the native breed as the effect of extensive feeding with acorns/M. Szyndler-Nędza, M. Świątkiewicz, L. Migdał, W. Migdał. Animals (Basel), 2021. Vol. 11(3). DOI: 10.3390/ani11030789.
14. Ünal Şengör G.F. Determination of shelf life of gilthead seabream (*Sparus aurata*) with time temperature indicators/G.F. Ünal Şengör, M.D. Balaban, Z. Ceylan, H. Dogruyol. Journal of Food Processing and Preservation, 2017. Vol. 42(2). P. 1–10. DOI: 10.1111/jfpp.13426.
15. Li Y.X. Comparison and correlation analysis of different swine breeds meat quality/Y.X. Li, M.M. Cabling, H.S. Kang, T.S. Kim, S.C. Yeom, Y.G. Sohn, S.H. Kim, K.C. Nam, K.S. Seo. J. Anim. Sci., 2013. Vol. 26(7). P. 905–910. DOI: 10.5713/ajas.2012.12622.
16. Kim J.A. The effects of breed and gender on meat quality of Duroc, Pietrain, and their crossbred/J.A. Kim, E.S. Cho, Y.D. Jeong, Y.H. Choi, Y.S. Kim, J.W. Choi, J.S. Kim, A. Jang, J.K. Hong, S.J. Sa. J. Anim. Sci. Technol., 2020. Vol. 62(3). P. 409–419. DOI: 10.5187/jast.2020.62.3.409.

ЛЕНТА НОВОСТЕЙ



РФ и КНР подписали протокол о требованиях к экспортируемой в Китай российской свинине

В декабре руководитель Россельхознадзора Сергей Данкверт и руководитель Главного таможенного управления КНР Юй Цзяньхуа подписали протоколы, открывающие новые торговые возможности в сотрудничестве между странами.

Важнейшим подписанным документом стал Протокол об инспекционных, карантинных и ветеринарно-санитарных требованиях к свинине, экспортируемой из России в Китай.

Россельхознадзор более семи лет прорабатывает с китайской стороны возможность поставок российской свинины на рынок этой страны. Многоступенчатая процедура включала в себя переговорный процесс, организацию визитов представителей Китая в Россию для ознакомления с инструментами государственного надзора за безопасностью свиноводческой продукции, а также подготовку материалов по всем запросам ГТУ КНР.

В результате этой работы в сентябре текущего года были сняты временные ограничения по АЧС, действовавшие в отношении России с 2008 года.

Финальным шагом на пути к открытию рынка КНР станет согласование соответствующего ветеринарного сертификата и аттестация российских предприятий.

ИНСТРУМЕНТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ MS SCHIPPERS

- Тележки
- Инвентарь для ферм
- Весы
- Катетеры, трубки для семени
- Лабораторное оборудование
- УЗИ-сканеры, шпигомеры
- Ультразвуковая диагностика

ООО «ТД НЕОФОРС»

www.свиноводы.рф

603141, Россия, г. Нижний Новгород,
ул. Геологов, д. 1, корп. ДДЗ
Тел.: +7 (831) 214-04-30,
+7 (905) 011-65-96
E-mail: neofors@mail.ru

