

RESEARCHING OF MEAT AND FAT COLOUR AND MARBLING IN BEEF

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЫШЕЧНОЙ И ЖИРОВОЙ ТКАНЕЙ И МРАМОРНОСТИ ГОВЯДИНЫ

Lisitsyn A.B., Kozyrev I.V.

The V.M. Gorbatov All-Russian Meat Research Institute, Moscow, Russia

Ключевые слова: говядина, цвет мышечной ткани, цвет жировой ткани, качество мяса.

Keywords: beef, meat colour, fat colour, meat quality.

Аннотация

В результате исследований цвета мышечной и жировой тканей и мраморности на длиннейшей мышце спины (*L. dorsi*) крупного рогатого скота различного направления продуктивности — мясного (породы абердин-ангус, герефорд) и мясо-молочного (породы симментальская, черно-пестрая) — определены группы по показателю цвета в международной цветовой модели Lab. Измерения проводили через 24 часа после убоя между 12 и 13 ребрами. Установлено, что различные диапазоны цвета мышечной ткани отличались прежде всего показателями L^* (светлота) и a^* (краснота), тогда как показатель b^* (желтизна) изменялся не так значительно. Наибольшая дифференциация между различными диапазонами цвета жировой ткани отмечена по показателю b , тогда как показатели L и a отличались незначительно. Проводили также сравнение визуальной оценки мраморности говядины по четырем степеням (небольшая, умеренная, хорошая, насыщенная) с приборным (микроструктурным) анализом с применением компьютерной системы анализа изображений. Морфометрические исследования мраморности проводили в соответствии с принципами системного количественного анализа. Для проведения количественных измерений задавали параметры анализа объекта (площадь). Применяли как автоматическое, так и ручное измерение заданных параметров. В результате исследования мраморности на длиннейшей мышце спины (*L. dorsi*) установлена высокая степень корреляции между визуальной и приборной оценками мраморности.

Abstract

The studies of meat and fat colour and marbling in *Longissimus dorsi* of different cattle — beef-producing (Aberdeen-Angus, Hereford breeds) and dual-purpose (Simmental, Black-and-white breeds) — allowed to define groups by the colour values according to Lab international colour model. Measurements were performed 24 hours post-mortem between 12th and 13th ribs. It was found that different ranges of meat colour differed primarily in L^* (lightness) and a^* (redness) values, while b^* (yellowness) values did not significantly differ. The highest differentiation between ranges of fat colour was noted in b^* values, whereas L^* and a^* slightly differed. Moreover, visual assessment of beef marbling by four grades (small, moderate, good, and rich) and instrumental (microstructural) analysis using a computer image analysis system were carried out. The morphometric study of marbling was conducted in accordance with the principles of system quantitative analysis. To perform quantitative measurements, object analysis parameters (area) were specified. Both automatic and manual measurements of specified parameters were used. The study of *Longissimus dorsi* marbling established high agreement between visual and instrumental evaluations of marbling.

Введение

Цвет является важным критерием качества, отображающим функциональные и технологические свойства мяса, и необходимым фактором для привлечения покупателя и коммерческого успеха. Кроме того, показатель цвета является индикатором многих физиологических, биохимических и технологических процессов.

Окрашивание веществ в определенный цвет происходит в результате их взаимодействия с видимой частью спектра электромагнитных волн (400–750 нм). Образование цвета мяса — более сложный процесс, чем окрашивание неорганических веществ. Сложность обусловлена участием в этом процессе молекулярного кислорода, четырехдентатного лиганда порфирина с обширной системой сопряженных двойных связей, иона железа Fe^{2+} , способного окисляться, и других причин [1].

Introduction

Colour is an important quality characteristic reflecting the functional and technological properties of meat and necessary factor for customer attraction and commercial success. Furthermore, the colour values indicate many physiological and biochemical processes.

Certain colour of different substances is due to their interaction with visible part of the electromagnetic spectrum (400–750 nm). Meat colour formation is more complicated process compared to staining of inorganic substances. The complexity is due to the involvement of molecular oxygen, tetradentate porphyrin ligand with an extensive system of conjugated double bonds, oxidizable Fe^{2+} ions, and other factors [1].

Почти все современные способы измерения цвета основаны на системе спецификации цвета МКО. Название является аббревиатурой французского названия Международной комиссии по освещению, которая установила эту систему в 1931 году. Хотя с тех пор в систему вносились изменения, ее основная структура и принципы остались неизменными, и она широко используется в настоящее время. Цель системы МКО заключается в том, чтобы указать, каким образом можно воспроизвести цвет. Принятая в настоящее время теория цветности базируется на трех законах сложения цветов, установленных Грассманом. [2, 3]

Говядина является важным видом мяса в питании человека. По данным Министерства сельского хозяйства РФ, производство говядины в России в абсолютном выражении растет с каждым годом. Так, в 2015 году, в структуре производства крупного рогатого скота на убой во всех категориях хозяйств (2879,5 тыс. тонн) доля специализированного мясного и помесного скота достигла 451,4 тыс. тонн, что составляет 15,7 %. За январь-декабрь 2015 года объем промышленного производства говядины (включая субпродукты), составил 271,9 тыс. тонн (+11,0 к соответствующему периоду 2014 г.) [4]. Рост поголовья специализированных пород и их помесей стимулируется дотированием из бюджетов всех уровней [5].

В настоящее время заинтересованность российских предприятий в производстве качественной говядины растет с каждым годом. Использование при выращивании и откорме молодняка крупного рогатого скота мясного направления продуктивности позволяет предприятиям получать продукцию высокого качества, соответствующую самым строгим мировым стандартам, и уверенно двигаться в направлении замещения импортной говядины на российском рынке продукцией отечественного производства. При этом исключительно важным является вопрос объективной оценки говядины и дальнейшего ее использования в зависимости от показателей качества и технологических свойств.

Во всем мире уже давно сложилась практика оценки говядины по цвету мышечной и жировой тканей, так как эти показатели дают объективное представление о качестве мяса, а кроме того, их измерение легко осуществить в условиях конвейера на этапе разделения полутуш на четвертины на участке разделки и обвалки. На основании измерения цвета мяса и мраморности можно спрогнозировать его ценность, как для промышленности, так и для потребителя [6]. В Австралии, считающейся одним из признанных лидеров в сфере производства высококачественной говядины, с 2007 года действуют единые эталоны цвета мышечной и жировой тканей и мраморности [7]. В Канаде система оценки говядины по показателям цвета существует с 80-х годов XX века

Almost all modern methods of colour measurement are based on the CIE colour specification system. The name is an acronym in French for the International Commission on Illumination, which established the system in 1931. Although, since the system has been amended, its basic structure and principles have remained unchanged, and it is widely used nowadays. The purpose of the CIE system is to indicate how to reproduce the colour. Currently accepted theory of colour is based on three laws of colour addition established by Grassmann [2, 3].

Beef is an important meat type in human nutrition. According to the Ministry of Agriculture of Russian Federation, beef production grows in absolute terms every year. So, in 2015, in the structure of slaughtered cattle production in all categories of farms (2879.5 thousand tons), the proportion of specialized beef-producing cattle and crossbred cattle reached 451.4 thousand tons, which is 15.7%. During January-December 2015, the volume of industrial production of beef (including offal), amounted to 271.9 thousand tons (11.0 thousand tons higher compared to corresponding period of 2014) [4]. The increase in livestock population of specialized breeds and their crossbreeds is stimulated by subsidizing from the budgets of all levels [5].

Currently, the interest of Russian companies in the production of high quality beef increases every year. Growing and fattening of young beef-producing cattle allows businesses in the Russian market to receive high quality products that meet the most stringent international standards, and to move confidently in the direction of imported beef substitution with domestically produced meat. However, an extremely important question is the objective evaluation of beef and its further use depending on quality parameters and technological properties.

All over the world, there is a long established practice of beef evaluation by the colour of muscle and fat tissue, as these indicators provide an objective view of meat quality. In addition, their measurement is easily carried out in the conveying system at the stage of half carcass separation into quarters during cutting and deboning. Based on meat colour and marbling, beef value can be predicted, both for industry and for the consumer [6]. Since 2007, Australia, which is considered one of the recognized leaders in the production of high quality beef, have established uniform standards of meat and fat colour and marbling [7]. In Canada, beef grading system according to colour indicators was established in the 80s of XX century and is constantly

и постоянно совершенствуется для повышения объективности и наилучшего соответствия предпочтениям потребителей [8].

Однако, как показало проведенное нами предварительное изучение существующей мировой практики стандартизации говядины, единых эталонов цвета мышечной и жировой ткани и мраморности в мире не существует. Это связано с национальными особенностями выращивания и откорма крупного рогатого скота, а также с различными предпочтениями потребителей.

В связи с этим возникла необходимость в разработке эталонов цвета мышечной ткани, цвета жировой ткани и мраморности, применимых к российским условиям, с учетом особенностей выращивания крупного рогатого скота и производства говядины, на базе которых впоследствии будут созданы объективные и достоверные экспресс-методы оценки качества говядины.

Материалы и методы

Для определения цвета мышечной и жировой ткани в производственных условиях использовали спектрофотометр Konica Minolta CM-2300d (производитель: Япония).

Так как при визуальной оценке цвета мяса значительное влияние оказывают источник света и угол наблюдения [9, 10], все измерения проводили при источнике освещения D65 (стандартный дневной свет) с углом наблюдения 2°, каждое измерение проводили с двукратной повторностью, за результат измерения принимали среднее арифметическое двух измерений.

Для статистической обработки данных использовали компьютерные программы MS Excel, IBM SPSS Statistics.

Измерения проводили на длиннейшей мышце спины (L. dorsi) молодняка (до 24 месяцев) крупного рогатого скота различных направлений продуктивности — мясного (породы абердин-ангус, герефорд) и мясо-молочного (породы симментальская, чернопестрая). Измерения проводили между 12 и 13 ребрами. Для сбора данных цвета мышечной ткани было проведено более 150 измерений, цвета жировой ткани — более 100 измерений. Все измерения проводились через 24 часа после убоя. Измерения были использованы для определения цветовых классов мышечной и жировой тканей, характерных для говядины российского производства, и установления средних (эталонных) значений для каждого класса.

Проводили также сравнение визуальной оценки мраморности говядины по четырем степеням (небольшая, умеренная, хорошая, насыщенная) с приборным (микроструктурным) анализом с применением компьютерной системы анализа изображений «AxioVision 4.7.1.0», адаптированной для гистологических исследований.

being improved to enhance the objectivity and meet consumer preferences the best way [8].

However, as demonstrated by our preliminary study of existing world practice of beef standardization, there are no uniform world standards of meat and fat colour and marbling. This is due to national aspects of cattle breeding and fattening, as well as various preferences of consumers.

In this connection, there is a need to develop standards of meat and fat colour and marbling applicable to Russian market conditions, taking into account the aspects of cattle breeding and beef production, on the basis of which objective and reliable rapid methods for evaluating beef quality will be subsequently established.

Materials and methods

To determine meat and fat colour in a production environment, Konica Minolta CM-2300d spectrophotometer (Japan) was used.

Since the visual colour evaluation is strongly influenced by the light source and viewing angle [9, 10], all measurements were carried out with D65 light source (standard daylight) and observation angle of 2°. Each measurement was performed twice, and the result was the average of two measurements.

Statistical analysis of data was performed using MS Excel and IBM SPSS Statistics software.

Measurements were carried out in *Longissimus dorsi* of different young (up to 24 months) cattle — beef-producing (Aberdeen-Angus, Hereford breeds) and dual-purpose (Simmental, Black-and-white breeds). Measurements were carried out between the 12th and 13th ribs. Overall, more than 150 measurements of muscle tissue colour were carried out, as well as more than 100 measurements for fat colour. All measurements were taken 24 hours post-mortem. The measurements were used to determine the colour grades of meat and fat, which are characteristic of Russian beef, and to establish average (standard) values for each grade.

The comparison was carried out for visual assessment of beef marbling by four grades (small, moderate, good, and rich) and instrumental (microstructural) analysis using AxioVision 4.7.1.0 computer image analysis system adjusted for histological studies.

Результаты и обсуждение

В результате математической обработки данных на основании усредненных значений определены пять классов по цвету мышечной ткани и четыре класса по цвету жировой ткани в системе Lab, которые представлены на рисунке 1 и в таблице 1.

Установлено, что значения цвета мышечной ткани между различными классами отличались, прежде всего, показателями L^* (светлота) и a^* (краснота), тогда как показатель b^* (желтизна) изменялся не так значительно. В результате расчёта процентной разницы установили, что различия в показателе L^* (светлота) между классами 1 и 5 составляют 69.05%, в показателе a^* — 64,0%, в показателе b^* — 45%. Цветовое различие dE между каждыми двумя соседними классами составило 5 и более, что достаточно для восприятия цветового различия человеческим глазом — в среднем, человек воспринимает цветовое различие dE в 3–4 единицы и более.

Согласно данным Benjamin W.B., Holman с соавторами [11], сравнение инструментальной оценки цвета говядины с предпочтениями потребителей выявило зависимость изменения предпочтений от показателей L^* и b^* , тогда как изменение показателя a^* не оказывало значительного влияния на потребительскую оценку говядины по внешнему виду. R.A. Mancini и M.C. Hunt [12] в обзоре существующих методов оценки (инструментальной и визуальной) мяса по показателю цвета утверждают, что наибольшее изменение цвета мяса вызвано, прежде всего, изменением показателя L^* (светлота). К аналогичным выводам пришли в своей работе R. Morales, A.P.S. Aguiar с соавторами [13], на основе опроса 204 потребителей, что предпочтения изменяются, прежде всего, при разнице между показателями L^* .

В ходе проведенной экспериментальной работы в условиях российских мясоперерабатывающих предприятий были получены данные, в результате математической обработки которых были определены значения эталонов цвета жировой ткани (табл. 2).

Установлено, что значения цвета жировой ткани между различными классами отличались, прежде всего, показателем b^* (желтизна). В результате рас-

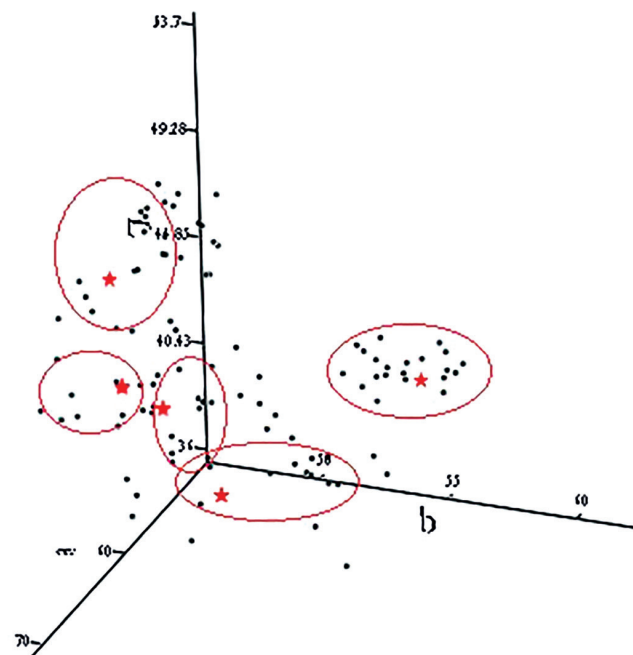


Figure 1. The graph of colour values distribution

Рис. 1. График распределения показателей цвета

Results and discussion

As a result of data mathematical processing on the basis of average values, five grades of meat colour and four grades of fat colour were determined in Lab system, which are presented in Figure 1 and Table 1.

It was found that meat colour values differ between grades primarily by L^* (lightness) and a^* (redness), whereas b^* (yellowness) values varied not significantly. As a result, the calculation of percent difference determined that the difference in L^* (lightness) between grades 1 and 5 is 69.05%, as well as the difference in a^* is 64,0%, and in b^* is 45%. Colour difference dE between each two neighbouring grades was 5 or more, which is sufficient for perception by the human eye, as the average colour difference dE recognizable by human is 3–4 units and more.

According to Benjamin W. B., Holman et al. [11], comparison of the instrumental analysis of beef colour with consumer preferences revealed the dependence of preferences on L^* and b^* values, whereas variations in a^* values did not significantly influence the visual beef assessment by consumers. R. A. Mancini and M.C. Hunt [12] in a review of existing colour evaluation methods (visual and instrumental) of meat stated that the greatest variations in meat colour were caused, first of all, by variations in L^* (lightness) values. R. Morales, A. P. S. Aguiar et al. [13] in their work based on the interview of 204 consumers made similar conclusions that preferences vary most of all with the difference between L^* values.

As a result of mathematical processing of data obtained during the experimental work in the conditions of Russian meat-processing enterprises, fat colour standards were identified (Table 2).

It was found that colour values differ between grades primarily in b^* (yellowness). The calculation of percent

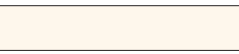
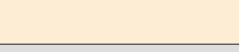
Table 1. Average values of meat colour by grades

Табл. 1. Средние значения цвета мышечной ткани для классов

Parameter in Lab colour model Цветовая модель	Ranges of colour values Диапазоны цвета				
	1	2	3	4	5
L^*	42±2	39±1.5	36±1.5	33±1.5	29±2.5
a^*	25±2	22±2	21±2	20±2	16±2
b^*	20±1.5	16±2	15±1	12±2	9±1
Visual display of colour Визуальное отображение цвета					

Table 2. Average values of fat colour by grades

Табл. 2. Средние значения цвета жировой ткани для классов

Fat colour Цвет жира	Parameter in Lab colour model Характеристика в цветовой модели Lab		
	L*	a*	b*
1 	98±2	3±0.5	5±3
2 	94±2	4±1	11±2
3 	91±1.5	4±1	23±3
4 	88±3	6±1	37±3

чѐта процентной разницы установили, что различия в показателе *L (светлота) между классами 1 и 4 составляют 10.02%, в показателе *a — 100,0%, в показателе *b — 640,0%. Аналогичные данные получены при компьютерном исследовании цвета жировой ткани говядины, выращиваемой в странах Азии К. Chen с соавторами [14]. Различия в показателе *b, а также в содержании жирных кислот и в органолептических показателях жировой ткани с различными цветовыми характеристиками установили А.Р. Moloney, М.Т. Mooney с соавторами [15] при изучении показателей качества жировой ткани ирландского крупного рогатого скота.

Морфометрические исследования мраморности проводили в соответствии с принципами системного количественного анализа. Для проведения количественных измерений задавали параметры анализа объекта (площадь). Применяли как автоматическое, так и ручное измерение заданных параметров. Полученные результаты (таблица 3) переводили в другие компьютерные программы для дальнейшей статистической обработки.

Полученные данные свидетельствуют о совпадении визуальной оценки мраморности с приборной (микроструктурной) и возможности применения в промышленных условиях как приборной, так и визуальной оценки мраморности.

Выводы

Установлены средние значения цвета по показателям L, a, b для каждого диапазона мышечной и жировой тканей молодняка (до 24 месяцев) крупного рогатого скота различных направлений продуктивности и пород.

Показано совпадение визуальной оценки мраморности с приборной (микроструктурной), что позволяет сделать заключение о возможности использования эталонов при определении качества говядины по этому признаку.

Table 3. Comparative assessment of beef samples marbling

Табл. 3. Сравнительная оценка мраморности образцов говядины

Item № п/п	Marbling visual assessment Визуальная оценка мраморности	Microstructural analysis of fat tissue inclusions in one image Микроструктурный анализ включений жировой ткани в одном снимке	
		number, pcs. количество, шт.	area, % of the total image area площадь, % к общей площади снимка
1	Small Небольшая	296	10.2
2	Moderate Умеренная	514	16.55

difference determined that L* (lightness), a* (redness), and b* (yellowness) values varied between grades 1 and 4 by 10.02%, 100.0%, and 640.0%, respectively. Similar results were obtained by K. Chen et al. in a computer study of fat colour in beef grown in Asian countries [14]. During the study of quality indicators of fat in Irish cattle, A.P. Moloney, M.T. Mooney et al. revealed variations in b* values, fatty acids content and sensory properties of fat with different colour characteristics [15].

The morphometric study of marbling was conducted in accordance with the principles of system quantitative analysis. To perform quantitative measurements, object analysis parameters (area) were specified. Both automatic and manual measurement of specified parameters were used. The results obtained (Table 3) were transferred to other software programs for further statistical processing.

The findings suggest the agreement between visual assessment and instrumental (microstructural) analysis of marbling and the potential application of both methods in industry.

Conclusion

Average values (L*, a*, b*) for each range of meat and fat colour from different young (up to 24 months) cattle were established.

High agreement was shown for visual assessment and instrumental (microstructural) analysis of marbling allowing the possibility of standards implementation to determine the beef quality by this parameter.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мурашев С. В., Воробьев С. А., Жемчужников М. Е. Физические и химические причины возникновения красного цвета мяса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств» / 2010, № 1. — С. 17–20.
2. Richard C. Dougal, Clive A. Greated and Alan E. Marson Then and now: James Clerk Maxwell and colour // Elsevier Ltd Optics & Laser Technology. — School of Physics, University of Edinburgh, Edinburgh EH9 3JZ, UK, 2005. — Т. 38, № 4–6. — С. 210–218.
3. Цвет в промышленности / Под ред. Р. Мак-Дональда: Пер. с англ. И.В. Пеновой, П.П. Новосельцева под ред. Ф.Ю. Телегина. — М.: Логос, 2002. — С. 596.
4. Ежегодный информационно-аналитический обзор Министерства сельского хозяйства Российской Федерации // № 4, 05.02.2016
5. Дусаева Е.М., Куванов Ж.Н. Статистическое исследование мирового рынка говядины // Известия Оренбургского государственного аграрного университета / 2013, № 3 (41). — С. 166–170.
6. Patrick Jackman, Da-Wen Sun, Cheng-Jin Du, Paul Allen. Prediction of beef eating qualities from colour, marbling and wavelet surface texture features using homogenous carcass treatment // Pattern Recognition / Volume 42. — Issue 5. — May 2009. — P. 751–763.
7. MSA Standards Manual for Beef Grading // Meat & Livestock Australia Limited — ISBN 1 74036 660 3
8. Aalhus, J.L., López-Campos, Ó., Prieto, N., Rodas-Gonzalez, A., Dugan, M.E.R., Uttaro, B., and Juárez, M. Review: Canadian beef grading — opportunities to identify carcass and meat quality traits valued by consumers // Canadian Journal of Animal Science / 2014, № 94(4). — P. 545–556.
9. Brewer, M. S., Zhu, L. G., Bidner, B., Meisinger, D. J., & McKeith, F.K. (2001). Measuring pork color: Effects of bloom time, muscle pH and relationship to instrumental parameters. Meat Science, 57(2). — P. 169–176.
10. Garcia-Esteben, M., Ansorena, D., Gimeno, O., & Astiasaran, I. (2003). Optimization of instrumental colour analysis in dry-cured ham. Meat Science, 63(3). — P. 287–292.
11. Benjamin W.B. Holman, Yanwei Mao, Cassius E.O. Coombs, Remy J. van de Ven, David L. Hopkins. Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability // Meat Science / Volume 121, November 2016. — P. 104–106.
12. R.A. Mancini, M.C. Hunt/ Current research in meat color // Meat Science 71(1), September 2005, 100–121. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.03.003.
13. R. Morales, A.P.S. Aguiar, I. Subiabre, C.E. Realini/ Beef acceptability and consumer expectations associated with production systems and marbling // Food Quality and Preference, Volume 29. — Issue 2. — September 2013. — P. 166–173.
14. K. Chen, X. Sun, Ch. Qin, X. Tang. Color grading of beef fat by using computer vision and support vector machine // Computers and Electronics in Agriculture / Volume 70. — Issue 1. — January 2010. — P. 27–32.
15. A.P. Moloney, M.T. Mooney, J.P. Kerry, C. Stanton, P. O'Kiely. Colour of fat, and colour, fatty acid composition and sensory characteristics of muscle from heifers offered alternative forages to grass silage in a finishing ration // Meat Science 95 (2013). — P. 608–615.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Лисицын Андрей Борисович — доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова. 109316, г. Москва, ул. Талалихина д. 26
Тел.: 8-495-676-95-11
E-mail: info@vniimp.ru

Козырев Илья Владимирович — Отдел научно-прикладных и технологических разработок, научный сотрудник, руководитель направления, Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова 109316, г. Москва, ул. Талалихина д. 26
Тел.: 8-495-676-97-71
E-mail: ikozzyrev@vniimp.ru

Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 30.10.2016

REFERENCES

1. Murashev S. V., Vorobyev S. A., Zhemchuzhnikov M. E. Physical and chemical causes of red meat colour // Scientific Journal of NIU ITMO. A series of «Food Production Processes and Devices» / 2010, № 1. — P. 17–20.
2. Richard C. Dougal, Clive A. Greated and Alan E. Marson Then and now: James Clerk Maxwell and colour // Elsevier Ltd Optics & Laser Technology. — School of Physics, University of Edinburgh, Edinburgh EH9 3JZ, UK, 2005. — Т. 38, № 4–6. — С. 210–218.
3. Colour in the industry / ed. R. McDonald: Trans. from English by I. V. Penova, P. P. Novoseltsev, ed. F. U. Telegin. — M.: Logos, 2002. — 596 p.
4. The weekly informational and analytical review of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation // No. 4, 02.05.2016
5. Dusaeva E. M., Kuvanov J. N. Statistical study of the global beef market // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University / 2013, № 3 (41). — P. 166–170.
6. Patrick Jackman, Da-Wen Sun, Cheng-Jin Du, Paul Allen. Prediction of beef eating qualities from colour, marbling and wavelet surface texture features using homogenous carcass treatment // Pattern Recognition / Volume 42. — Issue 5. — May 2009. — P. 751–763.
7. MSA Standards Manual for Beef Grading // Meat & Livestock Australia Limited — ISBN 1 74036 660 3
8. Aalhus, J.L., López-Campos, Ó., Prieto, N., Rodas-Gonzalez, A., Dugan, M.E.R., Uttaro, B., and Juárez, M. Review: Canadian beef grading — opportunities to identify carcass and meat quality traits valued by consumers // Canadian Journal of Animal Science / 2014, № 94(4). — P. 545–556.
9. Brewer, M. S., Zhu, L. G., Bidner, B., Meisinger, D. J., & McKeith, F.K. (2001). Measuring pork color: Effects of bloom time, muscle pH and relationship to instrumental parameters. Meat Science, 57(2). — P. 169–176.
10. Garcia-Esteben, M., Ansorena, D., Gimeno, O., & Astiasaran, I. (2003). Optimization of instrumental colour analysis in dry-cured ham. Meat Science, 63(3). — P. 287–292.
11. Benjamin W.B. Holman, Yanwei Mao, Cassius E.O. Coombs, Remy J. van de Ven, David L. Hopkins. Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability // Meat Science / Volume 121, November 2016. — P. 104–106.
12. R.A. Mancini, M.C. Hunt/ Current research in meat color // Meat Science 71(1), September 2005, 100–121. DOI: 10.1016/j.meatsci.2005.03.003.
13. R. Morales, A.P.S. Aguiar, I. Subiabre, C.E. Realini/ Beef acceptability and consumer expectations associated with production systems and marbling // Food Quality and Preference, Volume 29. — Issue 2. — September 2013. — P. 166–173.
14. K. Chen, X. Sun, Ch. Qin, X. Tang. Color grading of beef fat by using computer vision and support vector machine // Computers and Electronics in Agriculture / Volume 70. — Issue 1. — January 2010. — P. 27–32.
15. A.P. Moloney, M.T. Mooney, J.P. Kerry, C. Stanton, P. O'Kiely. Colour of fat, and colour, fatty acid composition and sensory characteristics of muscle from heifers offered alternative forages to grass silage in a finishing ration // Meat Science 95 (2013). — P. 608–615.

AUTOR INFORMATION

Affiliation

Lisitsyn Andrey Borisovich — doctor of technical sciences, Professor, Academician of RAS, Director, The V. M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-95-11
E-mail: info@vniimp.ru

Kozyrev Ilya Vladimirovich — Department of applied scientific and technological developments, Researcher, Chief of the scientific direction, The V. M. Gorbатов All-Russian Meat Research Institute 109316, Moscow, Talalikhina str., 26
Tel.: 8-495-676-97-71
E-mail: ikozzyrev@vniimp.ru

Contribution

The authors equally contributed to the writing of the manuscript and are equally responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declares no conflict of interest.

Received 30.10.2016