

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПАРАМЕТРОВ МЯСА И МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ: ОБЗОР

Томашевич И.Б.

Белградский университет, Белград, Сербия

Ключевые слова: цвет, мясо птицы, мясо дичи, мясные продукты, компьютерное зрение, колориметр

Аннотация

Способность системы компьютерного зрения (системы CVS) оценивать параметры цвета мяса и мясных продуктов исследовалась посредством сравнения с измерениями, производимыми традиционным колориметром. В результате статистического анализа были выявлены существенные различия между системой CVS и колориметром в отношении полученных с помощью этих приборов значений всех трех параметров (L^* , a^* , b^*). Во всех испытаниях (100 %) CVS-сгенерированные значения цвета были ближе к параметрам образцов мясных продуктов, отображаемых на мониторе, по сравнению со значениями цвета, полученными с помощью колориметра. Использование системы CVS следует рассматривать как превосходную альтернативу традиционному методу измерения цвета мяса и мясных продуктов.

Review paper

COMPUTER VISION SYSTEM FOR COLOR MEASUREMENTS OF MEAT AND MEAT PRODUCTS: A REVIEW

Igor B. Tomasevic

University of Belgrade, Belgrade, Serbia

Key words: color, poultry meat, game meat, meat products, computer vision, colorimeter

Abstract

Meat and meat products color evaluation ability of a computer vision system (CVS) is investigated by a comparison study with color measurements from a traditional colorimeter. A statistical analysis revealed significant differences between the instrumental values in all three dimensions (L^* , a^* , b^*) between the CVS and colorimeter. The CVS-generated colors were more similar to the sample of the meat products visualized on the monitor, compared to colorimeter-generated colors in all (100 %) individual trials performed. The use of CVS should be considered a superior alternative to the traditional method for measuring color of meat and meat products.

Введение

Цвет — это, прежде всего, субъективное восприятие. Без визуальной и эмоциональной информации, которую мы получаем, смотря на мир вокруг, наша оценка окружающей действительности, включая еду, была бы несовершенна. Внешний вид является основным параметром для большинства пищевых продуктов. Цвет мяса влияет на решение о его покупке. Для потребителей основным показателем несвежести и ухудшения качества является ухудшение цвета (потемнение), что делает цвет основным фактором качества мяса [1]. Этот факт очевиден для производителей мяса, представителей розничной торговли и исследователей в области науки и технологии мясной промышленности. Важность цвета также обусловлена тем, что улучшение цветовой стабильности мяса и мясных продуктов влияет на срок их годности, увеличивая период, в течение которого мясо по-прежнему визуально приемлемо для потребителей в розничной торговле [2].

Чтобы обеспечить соответствие продуктов питания ожиданиям потребителей, в пищевой промышленности необходимы эффективные системы контроля цвета для измерения цветовых параметров продуктов. Традиционно, для мяса птицы в подобных случаях используется колориметр [3]. Однако все колориметры имеют недостаток, связанный с тем, что оцениваемая поверхность должна быть однородной, а площадь измеряемого участка довольно мала (~ 2–5 см²) [4]. Это вызывает погрешности в измерениях. Другая проблема заключается в том, что оптически неоднородная среда, такая как мясо птицы, преломляет, отражает, рассеивает и поглощает свет, испускаемый колориметром [5], вызывая отклонения во всех оцениваемых цветовых параметрах.

Для быстрого и неинвазивного измерения цвета продуктов питания и, в частности, для эффективного контроля цвета мяса птицы необходимы новые эффективные и точно воспроизводимые методы. Среди

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Томашевич И.Б. Система компьютерного зрения для измерения цветовых параметров мяса и мясных продуктов: Обзор. Теория и практика переработки мяса. 2018; 4(4): 4–15. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-4-15

FOR CITATION: Tomašević I. B. Computer vision system for color measurements of meat and meat products: A review. Theory and practice of meat processing. 2018;4(4): 4–15. (In Russ.). DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-4-4-15

множества новых технологий оценки сельскохозяйственной и пищевой продукции выделяется система компьютерного зрения (система CVS), используемая для измерения цвета продуктов питания [6,7,8]. Цель настоящего обзора заключается в том, чтобы описать применение системы CVS в оценке цвета мяса птицы, мяса дичи и мясных продуктов с различными физическими свойствами, а также представить ее преимущества по сравнению с традиционным методом измерения цвета.

Материалы и методы

Образцы мяса и мясных продуктов

Исследование проводилось на образцах *M. pectoralis major* от трех особей для каждого из четырех видов птицы (курица, индейка, утка и гусь) и пяти видов дичи (перепелка, кабан, кролик, олень и фазан). Образцы были приобретены в розничной сети. Перед анализом цвета свеженарезанные образцы мяса толщиной около 3,00 см по отдельности помещались в лотки из пенополистирола с однородным белым цветом и обертывались прозрачной пленкой из ПВХ, проницаемой для кислорода. Затем их помещали в холодильник с температурой 4 °C на 30 минут для оксигенации миоглобина (повышения количества кислорода в поверхностных слоях мышечной ткани). Перед измерением цвета ПВХ-пленку снимали.

На основании метода обработки сырья и отдельных этапов этой обработки, а также принимая во внимание используемые технологии обработки, готовые мясные продукты можно разделить на шесть больших групп [9]. В нашем исследовании на каждую такую группу приходилось не менее двух и не более четыре репрезентативных образцов, в сумме представляющих 18 различных исследуемых мясных продуктов.

Колориметр Minolta CR-400

В качестве источника света по умолчанию использовался колориметр Minolta CR-400 с апертурой 8 мм, углом наблюдения 2°, осветительным прибором D65 и импульсной ксеноновой лампой. Во время измерения на отверстии апертуры лежала стеклянная крышка. Перед каждым измерением выполнялась калибровка устройства с помощью стандартной белой плитки.

Система компьютерного зрения (СКЗ)

Использовалась цифровая камера Sony Alpha DSLR-A200 (ПЗС-датчик с разрешением 10,2 мегапикселей). Камера была расположена вертикально на расстоянии 30 см от образца (Рис. 1). Настройки камеры были следующими: скорость затвора 1/6 с, ручной режим работы, диафрагма Av F/11.0, ISO 100, без вспышки, фокусное расстояние 30 мм, объектив: DT-S18-70 мм и шкалой диафрагмы f 3.5–5.6.

Для освещения использовались четыре люминесцентные лампы Philips (Master Graphica TLD965) с цвето-



Рис. 1. Система компьютерного зрения (получения изображений) [10]

вой температурой 6500 К. Каждая лампа была оборудована специальным рассеивателем света. Для достижения равномерной интенсивности света лампы (длина 60 см) находились под углом 45° на высоте 50 см над образцом. Лампы и камера были закреплены внутри деревянного ящика кубической формы ($a = 80$ см) со съемным верхом (Рис. 1). В ящике имелось отверстие сбоку для внесения образца, и еще одно — сверху, для визуального осмотра образца до и после измерений. Внутренние стенки ящика были покрыты черной непрозрачной фотографической тканью, чтобы минимизировать фоновый свет.

После того, как камера и монитор были откалиброваны согласно описанию, приведенному в исследовании Tomasevic и Tomovic [10], для анализа изображений использовалось программное обеспечение Adobe Photoshop CC (64 бита). Колориметрические характеристики RGB-изображений были получены с использованием снимков в формате RAW. Они измерялись на цифровом изображении образца с использованием «пипетки» (инструмента для определения цвета) в Photoshop (31 × 31 пикселей).

Различия в цвете

Общее различие цвета (ΔE) определялось с использованием стандартного уравнения:

$$\Delta E = \sqrt{(a_C^* - a_M^*)^2 + (b_C^* - b_M^*)^2 + (L_C^* - L_M^*)^2} \quad (1)$$

Значения a_C , b_C , L_C были получены для мясных продуктов с использованием CVS, а значения a_M , b_M , L_M — с помощью Minolta.

Степень различия оттенка в качестве количественного показателя насыщенности цвета (C_{ab}^*) рассчитывалась согласно Fernández-Vázquez и Stincó [11]:

$$C^* = \sqrt{(a + b)} \quad (2)$$

Разница в насыщенности цвета и значении светлоты рассчитывалась с использованием стандартных уравнений:

$$\Delta C = C_C^* - C_M^* \quad (3a)$$

$$\Delta L = L_C^* - L_M^* \quad (3b)$$

Разница в оттенке ΔH рассчитывалась согласно Mokrzycki и Tatol [12]:

$$\Delta H = \sqrt{\Delta E^2 - \Delta L^2 + \Delta C^2} \quad (4)$$

Исследование сходства

Используемые тесты были взяты из исследования Girolami и Napolitano [5] с небольшими изменениями. Во всех проведенных испытаниях 14 экспертов размещались по отдельности на расстоянии примерно 60 см от калиброванного монитора, оснащенного уменьшающим блики экраном (Compushade Universal Monitor Hood, DulCO, США), и от образцов мяса, размещенных внутри деревянного ящика системы CVS.

Для проведения теста А экспертам было предложено проанализировать цветовое сходство между цифровым изображением, представленным на мониторе, и образцом мяса, находящемся в лотке из полистирола. У них было не более 30 секунд для оценки каждого образца, и ответ должен был быть «да» или «нет». В случае положительного ответа эксперты имели возможность оценить степень сходства по пятибалльной шкале Лайкерта от 1 «очень низкое», 2 «низкое», 3 «умеренное», 4 «высокое» до 5 «очень высокое».

Тест В включал в себя одновременное отображение на мониторе цветов, сгенерированных программой Adobe Photoshop CC (2015) с использованием значений L^* , a^* и b^* , полученных как системой CVS, так и колориметром (Minolta). Экспертам было предложено оценить, какой из двух сгенерированных цветов больше соответствует образцу продукта, отображаемому на мониторе.

Во время теста С экспертам было предложено оценить уровень различия между двумя цветами (сгенерированными колориметром и системой CVS), отображаемыми на мониторе, в соответствии с пятибалльной шкалой Лайкерта от 1 «очень низкое», 2 «низкое», 3 «умеренное», 4 «высокое» до 5 «очень высокое».

Статистический анализ

Данные, полученные в исследовании сходства (тесты А, В), были проанализированы для определения статистической значимости на основе частоты каждого ответа (одновыборочный критерий χ^2), где ожидаемая частота составляла 50 %. Для анализа данных по сходству (тест А) и различию (тест С) использовался однофакторный дисперсионный анализ ANOVA. Для выявления статистических различий между данными использовался апостериорный критерий Тьюки.

Результаты и обсуждение

Мясо птицы

В ходе нашего испытания значения L^* , a^* и b^* , насыщенность цвета и оттенок (угол цветового тона) мяса птицы, измеренные с помощью системы CVS и колориметра, существенно различались [13]. Степень различия между двумя используемыми приборами лучше всего отражается значением общего различия цвета (ΔE). Четкое пороговое значение для обнаружения человеком различий в цвете мяса не установлено, но вероятно, что эта величина составляет около 2–6 [14].

Значения ΔE в диапазоне от 2 до 10 показывают, что разница в цвете заметна с первого взгляда, а когда они больше 10, то можно утверждать, что цвета скорее различаются, чем имеют сходство [15]. Следовательно, при $\Delta E = 18,5$ для куриного мяса и $\Delta E = 22,04$ для мяса индейки можно заключить, что результаты двух систем измерения цвета значительно отличаются и даже контрастируют [13]. Положительные значения ΔL для тех же образцов показывают, что цвет, полученный с помощью системы CVS, светлее цвета, полученного с помощью колориметра (Рис. 2). Однако общее различие цвета (ΔE) между двумя методами для утиного и гусиного мяса составило лишь половину от значений, рассчитанных для курицы и индейки. Тем не менее, при значениях ΔE выше 10 [13] различия в цвете должны быть заметны с первого взгляда, или цвета должны скорее различаться, чем иметь сходство. Отрицательные значения ΔL для утиной и гусиной грудки свидетельствуют о том, что цвет, полученный с помощью системы CVS, темнее цвета, полученного с помощью колориметра (Рис. 2).



Рис. 2. Цвета мяса птицы, измеренные двумя методами [13]

Мясо дичи

Мясо дичи имеет более темный красный оттенок, чем мясо домашних животных [16], и характеризуется низкими значениями L^* (ниже 40), высокими значениями a^* и низкими значениями b^* , что является показателем темно-красного цвета [17]. Однако в ходе нашего исследования значения L^* , a^* и насыщенность цвета, измеренные с помощью системы CVS и колориметра, существенно различались [18]. Отрицательные значения ΔL для мяса кабана и оленя показывают, что цвет, полученный с помощью системы CVS, темнее цвета, полученного с помощью колориметра. При измерении с помощью системы CVS все значения a^* были выше по сравнению с колориметром, и это означает, что цвет, полученный с помощью системы CVS, является более красным (или менее зеленым) (Рис. 3). Статистически значимые различия между применяемыми методами не наблюдались только для значений b^* и оттенка. Очевидно, что различия в цвете мяса и цветовой стабильности между видами животных в значительной степени объясняются различиями в их физической активности, влияющей на мышечные волокна, концентрацию миоглобина и содержание внутримышечного жира в мясе, что, в свою очередь, влияет на цвет мышц. Поэтому не все мясо дичи темнее по цвету, чем мясо домашних животных [19].

Параметры цвета (L^* , a^* , b^* , насыщенность цвета и оттенок), измеренные с помощью системы CVS

для более светлых образцов мяса дичи (перепел, фазан и кролик), статистически отличались от значений, измеренных с использованием колориметра [18]. Положительные значения ΔL демонстрируют, что цвет, полученный с помощью системы CVS, светлее цвета, полученного с помощью колориметра. При измерении с помощью системы CVS все значения a^* были значительно выше по сравнению с колориметром, и это означает, что цвет, полученный с помощью системы CVS, является более красным (или менее зеленым) (Рис. 3). Положительная разница в насыщенности цвета (ΔC) означает, что CVS-сгенерированные значения цвета для мяса перепелов и кроликов являются более насыщенными, чем цветовые параметры, измеренные с помощью колориметра [18]. CVS-сгенерированные значения цвета имели смещение в красном направлении по сравнению с цветом, полученным с помощью колориметра (Рис. 3), поскольку при измерении колориметром все значения оттенка были существенно выше по сравнению с данными, полученными системой CVS. Значения ΔE находились в диапазоне от 9,67 до 19,01, что указывает на существенные различия между двумя системами при измерении более светлых образцов мяса дичи [18], а в случае мяса кролика даже наблюдалось контрастирование.

Мясные продукты

Когда оценивались равномерно окрашенные мясные продукты, значения общего различия цвета (ΔE) варьировались от 6,7 для савелойской колбасы до 26,0 для свиного прошутто. Для большинства мясных продуктов с однородными поверхностями значение ΔE было около 10 [10]. Положительные значения ΔL для равномерно окрашенных мясных продуктов демонстрируют, что цвет, измеренный с помощью системы CVS, светлее цвета, полученного с помощью колориметра. При измерении с помощью системы CVS все значения a^* были выше по сравнению с колориметром, и это означает, что цвет, полученный с помощью системы CVS, является более красным (Рис. 4). За исключением свиного прошутто и сырой колбасы, все значения b^* , измеренные с помощью колориметра, были значительно выше, чем значения, полученные с помощью системы CVS [10]. Это означает, что цвета равномерно окрашенных мясных продуктов, полученные с помощью системы CVS, были более голубыми (или менее желтыми) по сравнению с цветами, полученными колориметром (Рис. 4). Положительная разница в насыщенности цвета (ΔC) означает, что CVS-сгенерированный цвет вареной ветчины, свиного и говяжьего прошутто и сырой колбасы более насыщен, чем цвет, полученный колориметром [10]. Для говяжьего, куриного и печеночного паштета, варенокопченой свинины, сарделек и савелойской колбасы наблюдалась обратная ситуация. Наше исследование согласуется с выводами Valous и Mendoza [20] в том,



Рис. 3. Цвета мяса дичи, измеренные двумя методами [18]

что CVS — это инструмент, который может объективно определять цвет вареной ветчины.

	Продукт	CVS	Колориметр
Говяжий паштет			
Печеночный паштет			
Куриный паштет			
Сардельки			
Савелойская колбаса			
Вареная ветчина			
Копченая свинина			
Свиной прошутто			
Говяжий прошутто			
Сырая колбаса			

Рис. 4. Цвета равномерно окрашенных мясных продуктов, измеренные двумя методами [10]

Двухцветные мясные продукты, такие как мортаделла, бекон, сухая свиная шейка или панчетта, состоят из фрагментов мяса и жира, размер которых больше размера апертуры Minolta (8 мм), использованного в нашем исследовании, что позволяет независимо измерять цвета этих фрагментов на колориметре. Общее различие цвета между двумя способами для фрагментов мяса находилось в диапазоне от 7,3 до 14,6, а для фрагментов жира — от 7,7 до 12,9 [10]. При измерении с помощью системы CVS фрагменты мяса получались более темными, а фрагменты жира более светлыми по сравнению с колориметром (Рис. 5а).

Неравномерно окрашенный мясной продукт — это любой продукт, который содержит фрагменты мяса и жира, слишком мелкие (менее 8 мм) для того, чтобы колориметр смог оценить их цвет по отдельности. Поэтому, когда измерялся цвет говяжьей и свиной вяленой колбасы или гамбургера, значения L^* , a^* , b^* , полученные с помощью колориметра, были одинаковыми для фрагментов мяса и жира. Поскольку в системе CVS используется «пипетка»

13 × 13 пикселей, то возможно измерить цвет мясных и жировых фрагментов по отдельности. В результате, максимальное общее различие цвета мясных фрагментов ($\Delta E = 20,3$) наблюдалось для говяжьей вяленой колбасы, а максимальное общее различие цвета жира ($\Delta E = 35,3$) — для свиной вяленой колбасы [10]. Эти необычайно высокие значения общего различия цвета [21] демонстрируют, что цвета, полученные при оценке двумя разными методами, оказались почти противоположными [15]. Цвет мясных фрагментов, полученный с помощью системы CVS, был значительно темнее, имел более высокую интенсивность и был более насыщенным по сравнению с цветом, полученным с помощью колориметра (Рис. 5б). Для CVS-сгенерированных значений цвета жира наблюдалась противоположная картина. Из-за высокой изменчивости и сложного распределения цвета в неравномерно окрашенных мясных продуктах колориметр не смог точно оценить цвет мясных и жировых фрагментов. Вместо этого колориметр воспроизводил значения L^* , a^* , b^* , которые представляли собой нечто среднее между двумя фрагментами. Наше исследование согласуется с выводами Girolami и Napolitano [22] о том, что система CVS — это инструмент, с помощью которого можно объективно оценивать цвет вяленых колбас.

	Продукт	Мясной фрагмент		Жировой фрагмент	
		CVS	Колориметр	CVS	Колориметр
а) двухцветные					
Мортаделла					
Копченый бекон					
Сыровяленая свиная шейка					
Панчетта					
б) неравномерно окрашенные					
Сырокопченая колбаса из говядины					
Сырокопченая колбаса из свинины					
Свиной гамбургер					
Говяжий гамбургер					

Рис. 5. Цвета двухцветных или неравномерно окрашенных мясных продуктов, измеренные двумя методами [10]

Таблица 1. Результаты исследования сходства

	Частота сходства (тест А)	Степень сходства (тест А)	CVS по сравнению с колориметром (тест В)	Степень различия (тест С)
Говяжий паштет	100 %	3,4 ± 1,4 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,0 ± 1,1 ^{a, b, c}
Печеночный паштет	100 %	3,6 ± 1,1 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,4 ± 1,1 ^{a, b, c}
Куриный паштет	92,9 %	3,5 ± 1,0 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,1 ± 1,0 ^{a, b, c}
Говяжья вяленая колбаса	92,9 %	3,6 ± 1,0 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,2 ± 0,4 ^{a, b, c}
Свиная вяленая колбаса	100 %	4,0 ± 0,8 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,3 ± 0,5 ^{a, b, c}
Сарделька	100 %	4,0 ± 1,1 ^{a, b}	CVS (100 %)	1,7 ± 0,5 ^{a, b}
Савелойская колбаса	100 %	3,8 ± 0,9 ^{a, b}	CVS (100 %)	1,2 ± 0,5 ^a
Мортаделла	100 %	2,9 ± 1,2 ^a	CVS (100 %)	2,1 ± 1,1 ^{a, b, c}
Вареная ветчина	100 %	3,0 ± 1,2 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,6 ± 0,3 ^{b, c}
Варено-копченый бекон	92,9 %	3,1 ± 1,3 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,2 ± 0,4 ^{a, b, c}
Варено-копченая свинина	100 %	3,5 ± 1,0 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,8 ± 1,2 ^{a, b, c}
Свиной прошутто	100 %	4,1 ± 0,8 ^{a, b}	CVS (100 %)	4,2 ± 1,0 ^c
Говяжий прошутто	100 %	3,6 ± 0,9 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,1 ± 1,8 ^{a, b, c}
Сухая свиная шейка	92,9 %	3,5 ± 1,3 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,0 ± 0,7 ^{a, b, c}
Панчетта	92,9 %	2,8 ± 1,5 ^a	CVS (100 %)	2,7 ± 1,5 ^{a, b, c}
Свиной гамбургер	100 %	2,8 ± 1,0 ^a	CVS (100 %)	2,0 ± 1,0 ^{a, b, c}
Говяжий гамбургер	100 %	3,4 ± 1,3 ^{a, b}	CVS (100 %)	2,7 ± 1,0 ^{a, b, c}
Сырая колбаса	100 %	4,4 ± 0,8 ^b	CVS (100 %)	3,2 ± 1,5 ^{a, b, c}
Куриная грудка	100 %	1,7 ± 0,8 ^a	CVS (100 %)	3,8 ± 1,4 ^a
Утиная грудка	100 %	2,4 ± 1,0 ^{a, b}	CVS (100 %)	1,8 ± 0,4 ^b
Гусиная грудка	100 %	3,1 ± 0,8 ^b	CVS (100 %)	1,4 ± 0,5 ^a
Индюшачья грудка	100 %	2,9 ± 1,03 ^b	CVS (100 %)	4,7 ± 0,7 ^b
Перепел	100 %	2,7 ± 1,3 ^a	CVS (100 %)	3,6 ± 1,4 ^a
Кабан	100 %	3,4 ± 1,3 ^b	CVS (100 %)	1,9 ± 0,9 ^{b, c}
Кролик	85,7 %	2,7 ± 1,2 ^a	CVS (100 %)	4,2 ± 1,2 ^a
Олень	100 %	4,1 ± 0,8 ^b	CVS (100 %)	1,0 ± 0,0 ^c
Фазан	100 %	3,2 ± 1,2 ^{a, b}	CVS (100 %)	3,4 ± 1,3 ^{a, b}

Средние значения в одной и той же колонке с разными надстрочными буквами значительно отличаются ($P < 0,05$).

Исследование сходства

Результаты первого теста сходства (тест А) между цветом фактического образца мясных продуктов и CVS-сгенерированным цветом изображения, отображаемого на мониторе, показали, что эксперты посчитали цифровые изображения схожими с фактическими образцами ($P < 0,001$). Для всех образцов мяса птицы и дичи частота сходства, определенного экспертами, составляла 100 % (Таблица 1). Это означает, что 14 из 14 экспертов сочли, что фактический цвет всех образцов аналогичен цвету, сгенерированному системой CVS. Частота сходства для мясных продуктов также была очень высокой и варьировалась от 92,9 % для куриного паштета, говяжьей колбасы, копченого бекона, сухой свиной шейки и панчетты до 100 % для всех остальных образцов мясных продуктов. Для образцов мяса птицы уровень сходства варьировался от «низкого» до «умеренного», а для образцов мяса дичи и мясных продуктов — от «умеренного» до «высокого».

Значения по пятибалльной шкале Лайкерта, 1 от 1 «очень низкое», 2 «низкое», 3 «умеренное», 4 «высокое» до 5 «очень высокое».

Тест В показал, что во всех (100 %) испытаниях CVS-сгенерированные цвета были более похожи на

образцы мяса птицы, мяса дичи и мясных продуктов, отображаемые на мониторе, по сравнению с цветами, полученными с помощью колориметра (Таблица 1).

Тест С в отношении мясных продуктов показал, что, согласно оценке экспертов, степень различия между цветами, сгенерированными системой CVS и колориметром, и цветами, отображаемыми на мониторе, варьировалась от 1,2 («очень низкое») для савелойской колбасы до 4,2 («высокое») для свиного прошутто. Наибольшее различие между цветами для мяса птицы наблюдалось в случае индейки (4,7 — «очень высокое»), а для мяса дичи — в случае кролика (4,2 — «высокое»).

Заключение

Мы исходим из того, что одним из параметров, влияющих на различие между двумя методами в отношении измерения цвета мяса и мясных продуктов, может являться глубина проникновения света от источника освещения. В нашем исследовании свет, используемый в обоих устройствах, имел одинаковую цветовую температуру (6500 К), но взаимодействие света с образцами мясных продуктов, очевидно, зависело от устройства. По тем же причинам, что наблюдались в исследовании цвета мяса, проводимом

Girolami и Napolitano [5], мы считаем, что колориметр не подходит для анализа цвета мясных продуктов. Причиной этого является полупрозрачная и оптически неоднородная среда мясных продуктов, так как в них присутствуют различные компоненты. Колориметр помещается на поверхность образца, и про-

никновение света внутрь мясного продукта выше, чем при использовании системы CVS. Это вызывает множественные отражения и рефракции в местах оптической неоднородности, что приводит к диффузии (рассеянию) света от источника освещения [23], делая измерения колориметра менее точными.

Introduction

Color is primarily a personal experience. Without color, visual and emotional experience we have while looking at world around us, including our food is imperfect. Visual appearance is the first to arise for most foods. Color influences meat-purchasing decisions as well. For the consumers, major indicator of freshness and wholesomeness is discoloration, making color a major meat quality factor [1]. This information is apparent to meat producers, retailers, and to researchers in meat science and technology, as well. Importance of color is also reflected in the fact that improving color stability of meat and meat products will influence their shelf life by increasing the time that meat is still visually acceptable to consumers at retail [2].

To ensure food conformity to consumer expectations, it is critical for the food processing industry to develop effective color inspection systems to measure the color information of food product. Traditionally, instrumental poultry meat color is assessed with a colorimeter [3]. However, all colorimeters have the disadvantage that the surface to be measured must be uniform and rather small ($\sim 2\text{--}5\text{ cm}^2$) [4] which influence bias in measurements. Another problem is that optically non-homogeneous medium such as poultry meat, refract, reflect, diffuse and absorb the light beam emitted by the colorimeter [5] causing deviations in all color dimensions evaluated.

With the aim of measuring food color rapidly and non-invasively, new objective and consistent methods are required for the effective color control of poultry meat. Among numerous new sensing technologies assessment of agricultural and food products, computer vision system (CVS) is a novel technology for food color evaluation [6,7,8]. The aim of this review was to present the application of CVS for instrumental color evaluation of poultry meat, game meat and meat products with various physical properties and its advantages over the traditional color measuring method.

Material and methods

Samples of meat and meat products

The research was carried out on m. pectoralis major samples of three animals for each of the four poultry species (chicken, turkey, duck and goose) and five game meat species (quail, wild boar, rabbit, deer and pheasant). We selected the samples in a retail setting. Before color analysis, freshly cut meat samples, about 3.00 cm thick, were individually placed on white polystyrene foam trays with

a consistent color and over wrapped with a transparent PVC film permeable to oxygen. Then they were placed in a bench refrigerator at 4 °C for 30 min to obtain myoglobin oxygenation. The PVC film was removed before color measurement.

Based on the treatment of raw materials and the individual processing steps and taking into account the processing technologies used, it is possible to classify processed meat products in six broad groups of processed meat products [9]. In our research, within each product category, there were at least two and maximum four representative samples adding together 18 different meat products investigated.

Minolta CR-400 colorimeter

Minolta CR-400 colorimeter was used with 8 mm aperture, 2° observer, illuminant D65 and pulsed xenon lamp as a default light source. Glass cover was applied over the aperture port while measuring. A calibration of a device with white tile standard was performed before each analysis.

Computer vision system (CVS)

A Sony Alpha DSLR-A200 digital camera (10.2 Megapixel CCD sensor) was used. The camera was located vertically at a 30 cm distance from the sample (Figure 1). The camera setting was the following: shutter speed 1/6 s, manual operation mode, aperture Av F/11.0, ISO velocity



Figure 1. Computer vision (image acquisition) system[10]

100, flash off, focal distance 30 mm, lens: DT-S18-70 mm f 3.5-5.6. Four Philips fluorescent lamps (Master Graphica TLD 965) with a color temperature of 6500 K were used for lighting the CVS. Each lamp was equipped with a designated light diffuser. In order to achieve the uniform light intensity on the sample, the lamps (60 cm length) were located at a 45° angle and 50 cm above the samples. Both the lamps and the camera were fixed inside a cubical ($a = 80$ cm) wooden box with a removable top (Figure 6). The box had an opening to the side for sample entry and the other on the top for visual inspection before and after the measurements. The internal walls of the box were coated with black opaque photographic cloth to diminish background light.

After the camera and the monitor were calibrated, as explained in the investigation of Tomasevic, Tomovic [10], the Adobe Photoshop CC (64 bit) software was used for image analysis. The colorimetric characteristics from RGB images were acquired using RAW photographs. They were measured on the digital image of the sample, using a Photoshop (31 x 31 pixels) Average Color Sampler Tool.

Color changes

Total color difference (ΔE) was determined by using the standard equation:

$$\Delta E = \sqrt{(a_C^* - a_M^*)^2 + (b_C^* - b_M^*)^2 + (L_C^* - L_M^*)^2} \quad (1)$$

Values for a_C , b_C , L_C were obtained from the meat products using CVS, and for a_M , b_M , L_M using Minolta.

Degree of difference of hue as the quantitative attribute of colorfulness chroma (C_{ab}^*) was calculated according to Fernández-Vázquez, Stinco [11]:

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2)$$

The difference in Chroma and lightness value was calculated using standard formulas:

$$\Delta C = C_C^* - C_M^* \quad (3a)$$

$$\Delta L = L_C^* - L_M^* \quad (3b)$$

Hue difference ΔH was calculated according to Mokrzycki and Tatol [12]:

$$\Delta H = \sqrt{\Delta E^2 - \Delta L^2 - \Delta C^2} \quad (4)$$

Similarity tests

The tests used were adopted from the investigation of Girolami, Napolitano [5] with slight modifications. For all the tests performed, 14 panelists were individually seated at a distance of approximately 60 cm from the calibrated monitor, equipped with a shade that reduces glare (Compushade Universal Monitor Hood, DulCO, USA), and from the meat samples presented inside the CVS wooden box.

For the test A, panelists were asked to individually analyze the color similarity between a digital image displayed on the monitor and a meat sample presented on polystyrene trays. They had up to 30 s to evaluate each sample by answering «yes» or «no». If yes, the panelists had the

opportunity to rank the level of similarity according to a five-point Likert scale from 1 «very low», 2 «low», 3 «moderate», 4 «high» to 5 «very high».

Test B included displaying colors generated by Adobe Photoshop CC (2015) using the L^* , a^* and b^* values obtained from both the CVS and Colorimeter (Minolta) data together on the monitor and panelists were asked to evaluate which of the two generated color chips was more similar to the sample of the product visualized on the monitor.

During the test C, the panelists were asked to evaluate the level of difference between the two color chips (colorimeter and CVS) displayed on the monitor ranking it according to a five-point Likert scale from 1 «very low», 2 «low», 3 «moderate», 4 «high» to 5 «very high».

Statistical analysis

The data gathered from the similarity tests (A, B) were analyzed to determine statistical significance based on the frequency of each response (χ^2 One sample test), where the expected frequency was 50 %. In order to analyze data in respect to level of similarity (test A) and level of difference (Test C), one-way ANOVA was used. To distinguish statistical differences between the data, Tukey's post hoc tests were performed.

Results and discussion

Poultry meat

The L^* , a^* , b^* , chroma and hue angle values of poultry meat, measured with CVS and colorimeter in our experiment, were significantly different [13]. The magnitude of colour difference between the two equipment's used is best represented by the total colour difference value (ΔE). The clear threshold for human meat-colour difference detec-



Figure 2. Color of poultry meat as measured by the two methods [13]

tion has not been established but a possible value could be around 2–6 [14]. The values of ΔE in a range from 2–10 indicate that the difference in colour is perceptible at a glance and when they are larger than 10, we can conclude that colours are more opposite than similar [15]. Therefore, with $\Delta E=18.5$ for chicken meat and $\Delta E=22.04$ for turkey meat, we can conclude that the two systems measured their colour significantly different and even contrasting [13]. Positive ΔL values for the same samples indicate that the colour measured with CVS was lighter than the colour obtained with colorimeter (Figure 2). However, the total color differences (ΔE) between the two methods, for duck and goose were half the values calculated for chicken and turkey. Yet, with the ΔE values above 10 [13] these differences in color should be perceptible at a glance or considered more opposite than similar. Negative ΔL values for duck and goose breasts indicate that the color measured with CVS was darker than the color obtained with colorimeter (Figure 2).

Game meat

Game meat is darker red in appearance than meat from domestic animals [16], and is characterized by low L^* values below 40, high a^* values and low b^* values which are indicative of the dark red color [17]. However, the L^* , a^* and chroma values measured with CVS and colorimeter in our experiment were significantly different [18]. Negative ΔL values for wild boar and deer meat indicate that the color measured with CVS was darker than the color obtained with colorimeter. All the a^* values were higher when measured with CVS compared to colorimeter meaning that the color obtained with CVS was more «red» (or less «green») (Figure 3). The statistically significant differences between applied methods were not observed for b^* and hue angle values. It is evident that differences in meat color and color stability between species can largely be attributed to differences in their activity, which influences the muscle fiber type, Mb concentration and intra muscular fat content of the meat, which in turn influences muscle color. Therefore, not all game meat is darker in color than meat from domestic animals [19].

The instrumental color values (L^* , a^* , b^* , chroma and hue angle) obtained with CVS for lighter colored game meat samples (quail, pheasant and rabbit) were statistically different from the same values obtained with colorimeter [18]. Positive ΔL values indicate that the color measured with CVS was lighter than the color obtained with colorimeter. All the a^* values were much higher when measured with CVS compared to colorimeter meaning that the color obtained with CVS was more «red» (or less «green») (Figure 3). The positive difference in chroma (ΔC) meant that the CVS-generated color of quail and rabbit had greater intensity (were more saturated) than colorimeter-generated colors [18]. The CVS-generated colors were in a clockwise direction from colorimeter-generated colors, representing a shift in the red direction (Figure 3), since all the Hue



Figure 3. Color of game meat as measured by the two methods [18]

angle values were significantly higher when measured with colorimeter compared to CVS. The values of ΔE were in a range from 9.67–19.01 indicating that for lighter colored game meat samples, the two systems measured their color significantly different [18] and in the case of rabbit meat even contrasting.

Meat products

When a color of uniformly-colored meat products was evaluated, the total color difference value (ΔE) ranged from 6.7 for Saveloy sausage up to 26.0 calculated for Pork prosciutto. For the majority of meat products with homogeneous surfaces ΔE was around 10 [10]. Positive ΔL values for uniformly-colored meat products indicate that the color measured with CVS was lighter than the color obtained with colorimeter. All the a^* values were higher when measured with CVS compared to colorimeter meaning that the color obtained with CVS was more «red» (Figure 4). With the exception of pork prosciutto and raw sausage, all the b^* measured with colorimeter were significantly higher than the values obtained with CVS [10], meaning that the colors of uniformly-colored meat products acquired with CVS were more «blue» (or less «yellow») compared to colorimeter-acquired color (Figure 4). The positive difference in chroma (ΔC) meant that the CVS color of cooked ham, pork and beef prosciutto and raw sausage, had greater intensity or were more saturated than colorimeter generated colors [10]. The opposite was observed for the beef, chick-

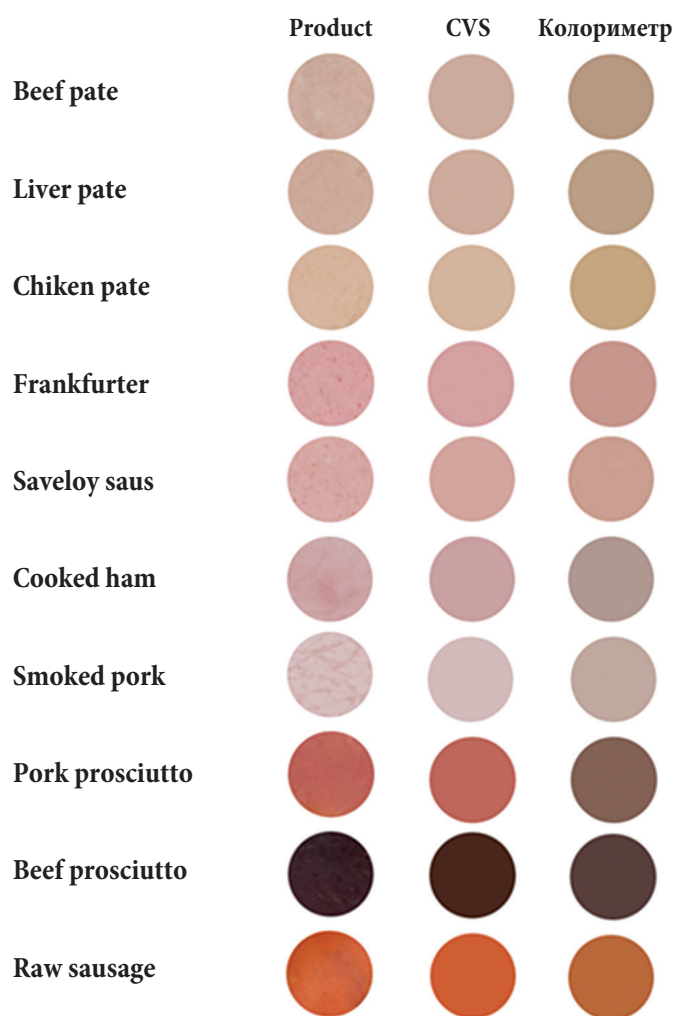


Figure 4. Color of uniformly colored meat products as measured by the two methods [10]

en and liver pate, smoked-cooked pork, frankfurter and Saveloy sausage. Our investigation is in concurrence with the conclusions of Valous, Mendoza [20] that CVS is a tool that can objectively specify color of cooked-hams.

Bi-colored meat products, like mortadella, bacon, dry pork neck or pancetta, consisted of meat and fat segments that were larger than Minolta aperture size (8 mm) used in our experiment, allowing colorimeter to measure their color independently. The total color differences between the two methods of the meat segments were in a range from 7.3 up to 14.6 and for the fat parts in a range from 7.7 up to 12.9 [10]. Meat segments were assessed in darker and fat segments in lighter colors when measured with CVS compared to colorimeter (Figure 5a.) Non-uniformly colored meat product was any product that has meat and fat parts that are too small (less than 8 mm) for colorimeter to independently assess their color. Therefore, when the color of beef and pork fermented sausage, and hamburger was measured, the L^* , a^* , b^* colorimeter-generated values for both meat and fat parts were the same. Because CVS used 13×13 pixels Average Color Sampler Tool, it was capable of measuring the color of meat and fat parts independently. This resulted with the highest total meat-parts color difference ($\Delta E = 20.3$) observed for beef fermented sausage,

and maximum total fat-parts color difference ($\Delta E = 35.3$) observed for pork fermented sausage[10]. These extraordinary high values for total color differences[21] indicated that the colors assessed by the two methods were almost exact opposites [15]. The color of meat parts measured with CVS was significantly darker, had greater intensity and were more saturated, compared to colorimeter-measured equivalents(Figure 5b). The opposite was observed for CVS-generated fat color. Due to the high variability and complex color distribution in non-uniformly colored meat products, the colorimeter was unable to assess accurately neither the color of meat nor the color of fat parts. Instead, colorimeter reproduced L^* , a^* , b^* values that were somewhere «in between» the two segments. Our investigation is in concurrence with the conclusions of Girolami, Napolitano [22] that CVS is a tool that can objectively evaluate color of fermented sausages.



Figure 5. Color of bi and non-uniformly colored meat products as measured by the two methods[10]

Similarity tests

The results of the first similarity test (test A) between the colour of the actual sample of meat products and the CVS obtained colour of the image displayed on the monitor, showed that the panelists found the digital images similar to the actual samples ($P < 0.001$). Frequency of similarity assessed by the panelists was 100 % for all poultry meat and game meat samples (Table 1). This means that 14 out of

Table 1. Similarity tests results

	Frequency of similarity (test A)	Level of similarity (test A)	CVS vs. Colorimeter (test B)	Level of difference (test C)
Beefpate	100 %	3.4 ± 1.4 ^{a, b}	CVS (100 %)	3.0 ± 1.1 ^{a, b, c}
Liver pate	100 %	3.6 ± 1.1 ^{a, b}	CVS (100 %)	2.4 ± 1.1 ^{a, b, c}
Chicken pate	92.9 %	3.5 ± 1.0 ^{a, b}	CVS (100 %)	2.1 ± 1.0 ^{a, b, c}
Beef fermented sausage	92.9 %	3.6 ± 1.0 ^{a, b}	CVS (100 %)	3.2 ± 0.4 ^{a, b, c}
Pork fermented sausage	100 %	4.0 ± 0.8 ^{a, b}	CVS (100 %)	2.3 ± 0.5 ^{a, b, c}
Frankfurter	100 %	4.0 ± 1.1 ^{a, b}	CVS (100 %)	1.7 ± 0.5 ^{a, b}
Saveloy sausage	100 %	3.8 ± 0.9 ^{a, b}	CVS (100 %)	1.2 ± 0.5 ^a
Mortadella	100 %	2.9 ± 1.2 ^a	CVS (100 %)	2.1 ± 1.1 ^{a, b, c}
Cooked ham	100 %	3.0 ± 1.2 ^{a, b}	CVS (100 %)	3.6 ± 0.3 ^{b, c}
Smoked cooked bacon	92.9 %	3.1 ± 1.3 ^{a, b}	CVS (100 %)	2.2 ± 0.4 ^{a, b, c}
Smoked cooked pork	100 %	3.5 ± 1.0 ^{a, b}	CVS (100 %)	2.8 ± 1.2 ^{a, b, c}
Pork prosciutto	100 %	4.1 ± 0.8 ^{a, b}	CVS (100 %)	4.2 ± 1.0 ^c
Beef prosciutto	100 %	3.6 ± 0.9 ^{a, b}	CVS (100 %)	3.1 ± 1.8 ^{a, b, c}
Dry pork neck	92.9 %	3.5 ± 1.3 ^{a, b}	CVS (100 %)	3.0 ± 0.7 ^{a, b, c}
Pancetta	92.9 %	2.8 ± 1.5 ^a	CVS (100 %)	2.7 ± 1.5 ^{a, b, c}
Pork hamburger	100 %	2.8 ± 1.0 ^a	CVS (100 %)	2.0 ± 1.0 ^{a, b, c}
Beef hamburger	100 %	3.4 ± 1.3 ^{a, b}	CVS (100 %)	2.7 ± 1.0 ^{a, b, c}
Raw sausage	100 %	4.4 ± 0.8 ^b	CVS (100 %)	3.2 ± 1.5 ^{a, b, c}
Chicken breast	100 %	1.7 ± 0.8 ^a	CVS (100 %)	3.8 ± 1.4 ^a
Duck breast	100 %	2.4 ± 1.0 ^{a, b}	CVS (100 %)	1.8 ± 0.4 ^b
Goose breast	100 %	3.1 ± 0.8 ^b	CVS (100 %)	1.4 ± 0.5 ^a
Turkey breast	100 %	2.9 ± 1.03 ^b	CVS (100 %)	4.7 ± 0.7 ^b
Quail	100 %	2.7 ± 1.3 ^a	CVS (100 %)	3.6 ± 1.4 ^a
Wild boar	100 %	3.4 ± 1.3 ^b	CVS (100 %)	1.9 ± 0.9 ^{b, c}
Rabbit	85.7 %	2.7 ± 1.2 ^a	CVS (100 %)	4.2 ± 1.2 ^a
Deer	100 %	4.1 ± 0.8 ^b	CVS (100 %)	1.0 ± 0.0 ^c
Pheasant	100 %	3.2 ± 1.2 ^{a, b}	CVS (100 %)	3.4 ± 1.3 ^{a, b}

Means in the same column with different small letters are significantly different ($P < 0.05$)

14 panelist found that the actual colour of all samples was similar to the chip color generated with CVS. Frequency of similarity for meat products was also very high and ranged from 92.9 % for chicken pate, beef sausage, smoked bacon, dry pork neck and pancetta, to 100 % for all the other meat products samples. For poultry meat samples the level of similarity ranged from «low» to «moderate» and for game meat and meat products samples from «moderate» to «high».

Five-point Likert scale ranks from 1 «very low», 2 «low», 3 «moderate», 4 «high» to 5 «very high»

Test B showed that the CVS-generated color chips were more similar to the sample of the poultry meat, game meat and meat products visualized on the monitor, compared to colorimeter-generated color chips in all (100 %) individual trials performed (Table 1).

Test C regarding meat products revealed that, as assessed by the panelists, the magnitude of differences between the color chips generated by CVS and colorimeter and displayed on the monitor, ranged from 1.2 («very low») for Saveloy sausage to 4.2 («high») for Pork prosciutto. Highest level of difference between colors for poultry meat was observed in the case of turkey meat

(4.7 — «very high») and for game meat samples with rabbit (4.2 — «high»).

Conclusions

We presume that one parameter influencing the difference among the meat and meat-products color measurements, between the two methods employed, could be the penetration depth of the illumination source. In our investigation, light employed in both devices had the same color temperature (6500 K) but the light interaction with a meat product samples was obviously device dependent. For the same reasons observed in meat color experiment of Girolami, Napolitano [5], we believe that the colorimeter could not be suitable for the color analysis of meat products. The reason is the translucent and optically non-homogenous matrix of the meat products due to the presence of different ingredients scattered inside it. The colorimeter is placed on the sample surface and the light penetration through meat product matrix must be higher than for CVS. This therefore causes multiple reflections and refractions where optical discontinuities are present, resulting in a diffusion of light (scattering) from the illuminations source [23], making the colorimeter measurements less accurate.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК/REFERENCES

1. Mancini, R. A., Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71 (1), 100–121.
2. Font-i-Furnols, M., Guerrero, L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science*, 98(3), 361–371.
3. Wideman, N., O'Bryan, C., Crandall, P. (2016). Factors affecting poultry meat colour and consumer preferences-A review. *World's Poultry Science Journal*, 72(2), 353–366.
4. Kang, S., East, A., Trujillo, F. (2008). Colour vision system evaluation of bicolour fruit: A case study with 'B74' mango. *Post-harvest Biology and Technology*, 49 (1), 77–85.
5. Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D., Braghieri, A. (2013). Measurement of meat color using a computer vision system. *Meat Science*, 93(1), 111–118.
6. Wang, Q., Wang, H., Xie, L., Zhang, Q. (2012). Outdoor color rating of sweet cherries using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 87, 113–120.
7. Issac, A., Dutta, M. K., Sarkar, B. (2017). Computer vision based method for quality and freshness check for fish from segmented gills. *Computers and Electronics in Agriculture*, 139, 10–21.
8. Wan, P., Toudeshki, A., Tan, H., Ehsani, R. (2018). A methodology for fresh tomato maturity detection using computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 146, 43–50.
9. Heinz, G., Hautzinger, P. (2007). Meat processing technology for small-to medium-scale producers (RAP publication 2007/20 ed.). Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
10. Tomasevic, I., Tomovic, V., Milovanovic, B., Lorenzo, J. M., Đorđević, V., Karabasil, N., Djekic, I. (2019). Comparison of a computer vision system vs. traditional colorimeter for color evaluation of meat products with various physical properties. *Meat Science*, 148, 5–12.
11. Fernández-Vázquez, R., Stinco, C. M., Hernanz, D., Heredia, F. J., Vicario, I. M. (2013). Colour training and colour differences thresholds in orange juice. *Food Quality and Preference*, 30 (2), 320–327.
12. Mokrzycki, W. S., Tatol, M. (2011). Color difference ΔE — a survey. *Machine Graphics and Vision*, 20 (4), 383–411.
13. Tomasevic, I., Tomovic, V., Milovanovic, B., Lorenzo, J. M., Pighin, D., Natsasijevic, I., Stajic, S., Djekic, I. (2018). Evaluation of poultry meat colour using computer vision system and colourimeter — is there a difference? *British Food Journal — Accepted manuscript*.
14. Larraín, R., Schaefer, D., Reed, J. (2008). Use of digital images to estimate CIE color coordinates of beef. *Food Research International*, 41(4), 380–385.
15. Brainard, D. H. (2003). Color appearance and color difference specification. *The science of color*, 2, 191–216.
16. Daszkiewicz, T., Kondratowicz, J., Koba-Kowalczyk, M. (2011). Changes in the quality of meat from roe deer (*Capreolus capreolus* L.) bucks during cold storage under vacuum and modified atmosphere. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 14(3), 459–466.
17. Volpelli, L. A., Valusso, R., Piasentier, E. (2002). Carcass quality in male fallow deer (*Dama dama*): effects of age and supplementary feeding. *Meat Science*, 60(4), 427–432.
18. Tomasevic, I., Tomovic, V., Milovanovic, B., Vasilev, D., Jokanovic, M., Šojić, B., Lorenzo, M., Djekic, I. (2018). How the color of game meat should be measured: computer vision system vs. colorimeter. *Fleischwirtschaft — Accepted manuscript*.
19. Vargas-Sánchez, R. D., Torrecano-Urrutia, G. R., Ibarra-Arias, F. J., Portillo-Loera, J. J., Ríos-Rincón, F. G., Sánchez-Escalante, A. (2018). Effect of dietary supplementation with *Pleurotus ostreatus* on growth performance and meat quality of Japanese quail. *Livestock Science*, 207, 117–125.
20. Valous, N. A., Mendoza, F., Sun, D. — W., Allen, P. (2009). Colour calibration of a laboratory computer vision system for quality evaluation of pre-sliced hams. *Meat science*, 81 (1), 132–141.
21. Ramirez-Navas, J. S., Rodriguez de Stouvenel, A. (2012). Characterization of Colombian quesillo cheese by spectrophotometry. *Vitae*, 19(2), 178–185.
22. Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D., Di Bello, G., Braghieri, A. (2014). Image analysis with the computer vision system and the consumer test in evaluating the appearance of Lucanian dry sausage. *Meat science*, 96 (1), 610–616.
23. Oleari, C. (1998). Misurare il colore: spettrofotometria, fotometria e colorimetria: fisiologia e percezione: Hoepli.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Томашевич Игор Бронислав — доцент, кафедра технологии продуктов питания животных, Факультет сельского хозяйства Белградский университет
11080, Сербия, Белград, ул. Неманьина, 6
Тел.: +7-38-160-429-99-98
E-mail: tbigor@agrif.bg.ac.rs

Критерии авторства

Полностью подготовил рукопись и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 26.09.2018

AUTHOR INFORMATION

Affiliation

Igor B. Tomasevic — associate professor, Department of Animal Source Food Technology, Faculty of Agriculture, University of Belgrade 11080, Serbia, Belgrade, Nemanjina str., 6
Tel.: +7-38-160-429-99-98
E-mail: tbigor@agrif.bg.ac.rs

Contribution

Completely prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The author declare no conflict of interest.

Received 26.09.2018