

การรับรู้สีในแม่กระบือปลัก

Colour Perception in Swamp Buffalo Cows

พิพัฒน์ สมภาร* และประพัฒน์ ตั้งภูมิระพีวงศ์

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

สุพรชัย ฟารี

ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุรินทร์ ตำบลนาบัว อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ 32000

Pipat Somparn* and Prapat Tangphoomrapeewong

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Klong Nueng, Klong Luang, Pathum Thani 12120

Supornchai Faree

Surin Livestock Research and Breeding Center, Nabua, Mueang, Surin 32000

บทคัดย่อ

ศึกษาความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างระหว่างสีทดสอบ 5 สี (ม่วง น้ำเงิน เขียวเข้ม เหลือง และ แดง) กับสีเทาที่มีความสว่างเท่ากันในแม่กระบือปลักเต็มวัย จำนวน 2 ตัว โดยใช้การทดสอบการมองเห็นความแตกต่างแบบมีเงื่อนไข กระบือแต่ละตัวจะถูกทดสอบแต่ละสีทดสอบอย่างน้อย 30 ครั้ง แต่ทุกครั้งต้องเลือกระหว่างสีทดสอบและสีเทา โดยได้รับอาหารเป็นการเสริมแรง ผลการศึกษาพบว่ากระบือสามารถรับรู้และแยกแยะระหว่างสีเทากับสีทดสอบที่มีความยาวคลื่นยาว (แดงและเหลือง) ได้ดี แต่การแยกแยะระหว่างสีเทากับสีทดสอบที่มีความยาวคลื่นปานกลาง (เขียวเข้ม) และสั้น (น้ำเงินและม่วง) ทำได้ยากขึ้นให้เห็นว่าการมองเห็นสีของแม่กระบือปลักจัดอยู่ในกลุ่มตาบอดเอกรงค์เช่นเดียวกับสัตว์กีบชนิดอื่น

คำสำคัญ : แม่กระบือปลัก, การมองเห็นสี

Abstract

Two adult swamp buffalo were studied using the discrimination conditioning method to determine the differentiation of 5 colours (violet, blue, dark green, yellow and red) from grey samples equivalent in lightness. Each animal was subjected to at least 30 discrimination tests for each colour, where a swamp buffalo chose between coloured and grey stimuli for food reinforcement. Results demonstrated that these animals perceived

and differentiated perfectly colour stimuli with long-wavelength (red and yellow) but experienced considerable difficulty in perceiving medium (dark green) and short wavelength (blue and purple) colours. It is suggested that swamp buffalo cows are dichromats in a manner similar to other ungulates.

Key words: swamp buffalo, colour vision

1. บทนำ

การรับรู้ด้านการมองเห็นมีบทบาทอย่างมากต่อการมีชีวิตรอดของสัตว์ในธรรมชาติ การมองเห็นสีเป็นวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นเพื่อให้สัตว์สามารถดำรงชีพอยู่ได้ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีความหลากหลายของสี สัตว์อาจใช้ความสามารถในการรับรู้ความแตกต่างของสีเพื่อหลีกเลี่ยงอันตราย ค้นหาอาหาร หรือดึงดูดคู่ผสมพันธุ์ สีบางสีในธรรมชาติอาจบ่งชี้ถึงอันตราย เช่น สีอันตรายของกบลูกคอกพิษ (อันดับ Anura) บ่งชี้ถึงพิษร้ายแรง สัตว์แต่ละชนิดอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันและมีลักษณะเฉพาะทางชีววิทยาที่หลากหลาย ดังนั้นการมองเห็นสีของสัตว์แต่ละชนิด จึงอาจเหมือนหรือแตกต่างกันได้ โดยทั่วไปสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะมีเซลล์รับแสงรูปกรวย (cone) ทำหน้าที่รับรู้สีที่แตกต่างกันอย่างน้อย 2 ชนิด จากการสำรวจของ Jacobs [1] พบว่าสัตว์กีบคู่ (อันดับ Artiodactyla) มีความสามารถในการมองเห็นสีเหมือนคนตาบอดเอกรงค์ (dichromat) หรือคนที่มีตัวรับแสงเพียง 2 ชนิด ซึ่งมองเห็นสีของวัตถุเกือบทุกสีแตกต่างไปจากคนปกติ [2]

การจัดการฟาร์มปศุสัตว์ บ่อยครั้งที่เกษตรกรหรือผู้ดูแลสัตว์ต้องเข้าไปปฏิบัติงานใกล้ชิดหรือมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับสัตว์ เช่น ทำความสะอาดคอกให้อาหาร ทำเครื่องหมายบนตัวสัตว์ ผสมเทียมหรือซั้่น้ำหนัก ความไม่คุ้นเคยระหว่างสัตว์และคนเลี้ยงอาจทำให้สัตว์เกิดความวิตกกังวล กลัว ขาดต่อการควบคุม บางครั้งสัตว์อาจเกิดความเครียดและได้รับ

บาดเจ็บ ส่งผลในทางลบต่อการให้ผลผลิตหรือรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ ดังนั้นการจดจำระหว่างสัตว์และคนเลี้ยงจึงถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากต่อการปฏิบัติงานประจำวันภายในฟาร์ม มีงานวิจัยหลายเรื่องที่แสดงให้เห็นว่าโคสามารถแยกแยะสีได้ด้วยอย่าง เช่น Munksgaard และคณะ [3] พบว่าแม่โคนมฟรีเซียน สายพันธุ์เดนมาร์ก สามารถแยกแยะคนเลี้ยงได้จากสีของเสื้อผ้าที่สวมใส่ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการมองเห็นของกระบือปลักยังมีน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการมองเห็นสีของกระบือปลัก

2. อุปกรณ์และวิธีการ

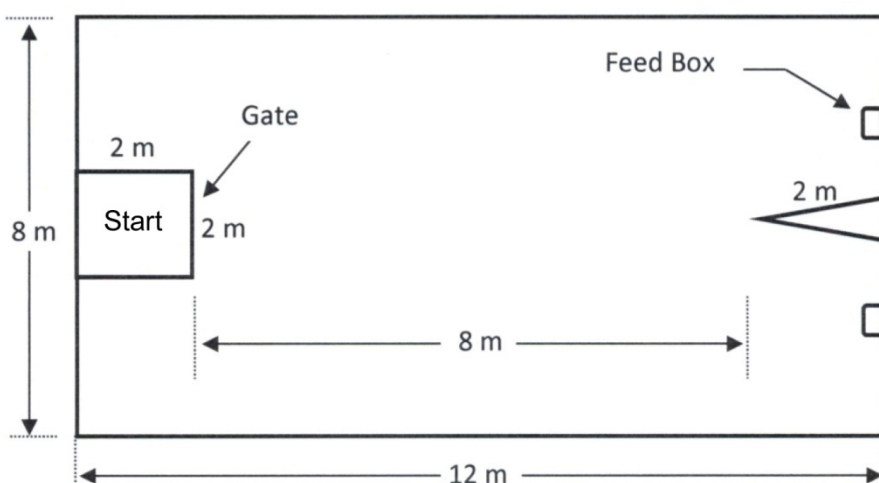
งานวิจัยครั้งนี้ดำเนินการ ณ ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุรินทร์ ตำบลนาบัว อำเภอเมืองจังหวัดสุรินทร์ ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 ถึง กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556

2.1 การจัดการสัตว์ทดลองกระบือเพศเมีย 5 ตัว ซึ่งมีอายุและน้ำหนักตัวในช่วงเริ่มการทดลองเท่ากับ 8-10 ปี และ 400-600 กิโลกรัม ตามลำดับ เลี้ยงอยู่ในฝูงกระบือที่ประกอบด้วยเพศผู้ 1 ตัว คุมฝูงเพศเมีย 15-20 ตัว ปลอ่ยกทะเล่ในแปลงหญ้าไร่ระหว่างเวลา 08:00-12:00 น. และขังในคอกพักระหว่างเวลา 12:00-08:00 น. คอกพักเป็นพื้นคอนกรีต ซึ่งแบ่งออก 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นโรงเรือนหลังคากระเบื้องสำหรับป้องกันแสงอาทิตย์และฝน

และส่วนที่ 2 เป็นพื้นโล่ง รางอาหารและอ่างน้ำตั้งอยู่บริเวณพื้นโล่ง โดยกระบือทุกตัวสามารถเข้าใช้ได้พร้อมกัน กระบือจะได้รับการเสริมหญ้าขนสดเฉลี่ย 3-5 กิโลกรัมต่อตัว วันละ 1 ครั้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยมันสำปะหลังเส้นและรำข้าว (อัตราส่วน 60:40 โดยน้ำหนัก) เฉลี่ย 1 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน มีน้ำสะอาดให้ดื่มน้ำและแร่ธาตุก้อนให้เลียตลอดเวลา

2.2 การทดสอบการมองเห็นสี ก่อนเริ่มการทดสอบ 1 เดือน นำกระบือแต่ละตัวที่ถูกสุ่มเลือกจากฝูงมายังบริเวณทดสอบ (testing area) ซึ่งเป็นพื้นที่โล่งและอยู่ติดกับคอกพักของกระบือทดลองเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับสถานที่ อุปกรณ์ และนักสังเกต จัด

บริเวณทดสอบดังรูปที่ 1 โดยใช้แผงเหล็กกั้นคอกสูง 1.4 เมตร แบ่งพื้นที่ด้านขวาของบริเวณทดสอบออกเป็น 2 ส่วน โดยตั้งแผงเหล็กเป็นรูปตัว V ขาว ด้านละ 2 เมตร (วัดจากฐานตัว V) แต่ละส่วนมีรางอาหารทำด้วยเหล็กขนาด 30x60x30 เซนติเมตร ติดอยู่ในระดับสายตาของกระบือแต่ละตัว ใส่อาหารข้นไว้ในรางอาหารทั้งสองรางเพื่อลดอคติอันเนื่องมาจากการได้กลิ่นของอาหาร ครั้งละ 50-70 กรัม แต่อาหารในรางด้านหนึ่งถูกวางทับด้วยตะแกรงเหล็กเพื่อป้องกันกระบือกินอาหาร โดยกระบือจะสามารถมองเห็นตะแกรงดังกล่าวได้จากระยะห่างไม่เกิน 30 เซนติเมตร (วัดจากรางอาหาร)



รูปที่ 1 แผนผังบริเวณทดสอบการแยกแยะสี

ช่วงทดสอบศึกษาความสามารถในการแยก แยะสีในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์มองเห็น 5 สี ทดสอบ ได้แก่ แดง เหลือง เขียว เข้ม น้ำเงิน และม่วง โดยเปรียบเทียบกับสีเทาที่มีความสว่าง (lightness) ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 1) วัดค่าโดยใช้เครื่อง Chroma meter โมเดล CR-400 (บริษัท Minolta, ประเทศญี่ปุ่น) พิจารณาจากค่า L^* ซึ่งอยู่ในช่วงสีดำ ($L^* = 0$)

ถึงสีขาว ($L^* = 100$) และวัดค่าการสะท้อนแสงของสี ทดสอบโดยใช้เครื่อง UV/Vis/NIR Spectrophotometer โมเดล Cary 5000 (บริษัท Agilent Technologies, ประเทศออสเตรเลีย) รางอาหารด้านที่หันออกไปหากระบือติดกระเบื้องแผ่นเรียบขนาด 25x60 เซนติเมตร ทาด้วยสีเทาหรือสีทดสอบการทดสอบแต่ละสีจะฝึกกระบือเพื่อให้จดจำว่ารางอาหารซึ่งติดสี

ทดสอบมีอาหารที่สามารถเข้าถึงได้ ในขณะที่ร่างกายที่ติดสีเทาอาหารแต่ไม่สามารถเข้าถึงได้ โดยฝึกให้สัตว์เดินเข้าไปในภายในบริเวณทดสอบ จำนวน 10 ครั้ง ก่อนเข้าไปในภายในบริเวณทดสอบ กระบือจะยืนรออยู่ที่จุดเริ่มต้น (Start) จากนั้นจึงเปิดประตูเพื่อปล่อยให้กระบือเลือกเดินเข้าไปหาอาหารด้านใดด้านหนึ่งอย่างอิสระ ภายหลังจากที่กระบือกินอาหารภายในรางหมดหรือเดินไปถึงรางอาหารแล้ว

จะนำกระบือกลับมายังบริเวณจุดเริ่มต้นเพื่อรอทดสอบครั้งต่อไป เพื่อลดอคติที่อาจเกิดจากความพึงพอใจด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะ รางอาหารจะถูกสลับตำแหน่งซ้ายและขวาให้มีสัดส่วนเท่ากัน การทดสอบจะดำเนินการเฉพาะช่วงเช้า (08:00-10:00 น.) และเย็น (16:00-18:00 น.) เท่านั้น กระบือที่ผ่านการฝึกฝนจะถูกทดสอบและบันทึกผลแต่ละสัปดาห์อย่างน้อย 30 ครั้ง

ตารางที่ 1 ความยาวคลื่นสะท้อนสูงสุด^a และค่า LAB^b ของสีทดสอบ

สีทดสอบ	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ค่าความสว่าง (L*)		a*	b*
		สีทดสอบ	สีเทา		
ม่วง	445	38.78	39.52	+46.56	-41.98
น้ำเงิน	453	34.90	34.85	+20.89	-57.83
เขียวเข้ม	513	43.98	43.80	-38.81	+11.78
เหลือง	580	76.58	76.52	+5.76	+72.89
แดง	688	48.85	47.59	+54.86	+35.25

^aวัดค่าโดยใช้เครื่อง UV/Vis/NIR Spectrophotometer โมเดล Cary 5000

^bวัดค่าโดยใช้เครื่อง Chroma meter โมเดล CR-400

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ หากกระบือสามารถทำได้ถูกต้องหรือเดินเข้าไปกินอาหารด้านที่รางติดสีทดสอบอยู่เกิน 75 เปอร์เซ็นต์ ถือว่ากระบือสามารถแยกแยะสีทดสอบนั้นจากสีเทาได้ [4]

3. ผลและวิจารณ์

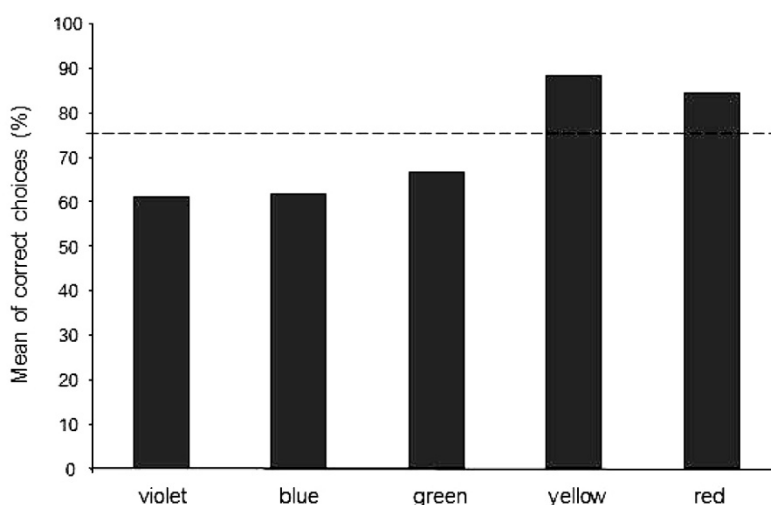
เหตุผลที่งานวิจัยครั้งนี้เลือกใช้เฉพาะเพศเมีย เพราะกระบือเพศผู้เต็มวัยที่เจริญเต็มวัยทุกตัวภายในศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุรินทร์ถูกใช้คุมฝูง ประกอบกับกระบือดังกล่าวมีรูปร่างใหญ่ แข็งแรง และก้าวร้าวยากต่อการบังคับ หากนำมาทดลองอาจก่อให้เกิดอันตรายกับนักวิจัยได้ อย่างไรก็ตาม

ภายหลังจากฝึกกระบือเพศเมียประมาณ 2 สัปดาห์พบว่าแม่กระบือ 3 ตัว ที่ไม่สามารถฝึกให้ปฏิบัติตามคำสั่งได้ อาจเนื่องมาจากรูปแบบการเลี้ยงกระบือของศูนย์วิจัยฯ เป็นระบบถึงปล่อยอิสระ กล่าวคือไม่มีการสนสะพายหรือผูกล่าม เมื่อบังคับหรือขังให้อยู่เพียงตัวเดียวภายในบริเวณทดสอบ กระบือดังกล่าวจึงค่อนข้างตื่นกลัว ดังนั้นจึงถูกคัดออกจากการทดลองเหลือกระบือเข้าทดสอบเพียงแค่ 2 ตัว เท่านั้น และเนื่องจากพื้นที่ทดสอบเป็นที่โล่งกลางแจ้ง กระบือเป็นสัตว์ที่ไวต่อการเกิดความเครียดจากความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากได้รับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ [5] ซึ่งความเครียดดังกล่าวอาจส่งผลต่อ

พฤติกรรมและผลการทดสอบของกระป๋อง การทดสอบแต่ละช่วงจึงดำเนินการในช่วงเวลาเช้าและเย็นซึ่งอากาศไม่ร้อนเกินไป

การทดสอบความสามารถในการแยกแยะสีของกระป๋อง พบว่าความถูกต้องในการเลือกรางอาหารที่มีสีทดสอบติดอยู่แต่ละสีให้ผลแตกต่างกัน (รูปที่ 2) คือกระป๋องแยกแยะสีเหลืองและสีแดงจากสีเทาได้ถูกต้องสูงกว่า 80 เปอร์เซนต์ ในขณะที่สีเขียวเข้ม สี

น้ำเงิน และสีม่วง กระป๋องทำได้ถูกต้องต่ำกว่า 70 เปอร์เซนต์ สอดคล้องกับงานทดลองของ Rioli และคณะ [6] ที่พบว่าโคชนของสเปนสามารถแยกแยะระหว่างสีเขียวเหลือง (yellowish green) เหลือง ส้ม และแดงกับสีเทาที่มีความสว่างของสีเท่ากันได้ถูกต้องเกิน 90 เปอร์เซนต์ ตรงกันข้ามเมื่อเปิดโอกาสให้โคชนแยกแยะระหว่างสีเขียว น้ำเงิน และม่วงกับสีเทา ความถูกต้องจะต่ำกว่า 70 เปอร์เซนต์



รูปที่ 2 ความถูกต้องในการเลือก (n = 60 ครั้งต่อสี) ของแต่ละสีทดสอบ เส้นปะแสดงความถูกต้องที่ 75 เปอร์เซนต์

ตามนุษย์ที่มีการมองเห็นสีเป็นปกติ มีตัวรับแสงในเซลล์รูปกรวยหรือไอโดคอปซิน (iodopsin) ซึ่งสามารถรับรู้แสงความยาวคลื่นสั้น (น้ำเงิน) ปานกลาง (เขียว) และยาว (แดง) โดยมีความไวสูงสุดอยู่ที่ความยาวคลื่น 400-450, 510-540 และมากกว่า 540 นาโนเมตร ตามลำดับ [7,8] ในขณะที่ผลการสำรวจในสัตว์กึ่งหลายชนิด เช่น สุกร โค แพะ แกะ กวาง โดย Jacobs [1] พบว่าตัวรับแสงในเซลล์รูปกรวยของสัตว์กึ่งไวต่อแสงมากที่สุดตั้งแต่ช่วงความยาวคลื่นปานกลางถึงยาวหรือ 536-555 นาโนเมตร เมื่อพิจารณาจากความยาวคลื่นของสีทดสอบในการ

ทดลองครั้งนี้พบว่ากระป๋องสามารถแยกแยะสีเทากับสีทดสอบความยาวคลื่นยาว (สีแดงและสีเหลือง) ได้ อย่างชัดเจน แต่มีปัญหาในการแยกแยะสีทดสอบที่มีความยาวคลื่นปานกลาง (เขียวเข้ม) และสั้น (น้ำเงิน และม่วง) แสดงให้เห็นว่ากระป๋องสามารถมองเห็นสีได้ใกล้เคียงกับคนตาบอดเอกรงค์ การมองเห็นสีเป็นวิวัฒนาการเพื่อความอยู่รอดของสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสัตว์ที่ใช้เวลาส่วนใหญ่หาอาหารในเวลากลางวัน เมื่อสมาชิกภายในฝูงถูกโจมตีจากศัตรูและมีเลือดออก ความสามารถในการรับรู้สีแดงได้ถูกต้องและตอบสนองอย่างรวดเร็วจำเป็นต่อการมีชีวิตรอดของผู้ถูก

ดำ (เหี่ยว) หรือการแยกแยะสีเหลืองได้ของสัตว์กินพืชเป็นประโยชน์ต่อการเลือกกินหญ้าที่มีคุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ กัน โดยสีผันแปรไปตามอายุของหญ้า [9] อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าอาหารจะมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกัน แต่สัตว์อาจพึงพอใจอาหารที่มีสีต่างกัน ยกตัวอย่าง Uetake และ Kudo [10] พบว่าอาหารสีเขียวดึงดูดความสนใจของโคได้มากกว่าอาหารสีแดง ซึ่งความพึงพอใจต่อสีของกระบือจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดต่อไป

ความคุ้นเคยต่อสีอาจช่วยให้สัตว์ที่มีการมองเห็นแบบตาบอดเอกรงค์สามารถแยกแยะสีบางสีออกจากกันได้ เช่นเดียวกับที่คนตาบอดเอกรงค์สามารถจดจำสีของสัญญาณไฟจราจรได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะสัญญาณไฟจราจรแต่ละสีมีความสว่างที่แตกต่างกัน ถึงแม้จะเป็นสีเดียวกันแต่ความแตกต่างของความสว่างเพียงเล็กน้อยอาจช่วยให้การจดจำและแยกแยะสีทำได้ง่ายขึ้น [11,12] ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ควบคุมปัจจัยดังกล่าวโดยผสมสีให้มีความสว่างของสีเทาและสีทดสอบใกล้เคียงกันมากที่สุด อย่างไรก็ตาม จำนวนสีที่ใช้ทดสอบยังขาดความหลากหลาย อีกทั้งเมื่อพิจารณาความบกพร่องการมองเห็นสีในมนุษย์พบว่ามีความหลากหลายทั้งชนิดของตัวรับแสงและความรุนแรงของความบกพร่อง [13] จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นดังกล่าว และเนื่องจากการทดลองนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นจึงมีอุปสรรคในด้านงบประมาณและระยะเวลาทดลอง ดังนั้นหากมีการศึกษาเพิ่มเติม นอกจากจำนวนกระบือทดลองที่จำเป็นต้องใช้มากขึ้นแล้ว ควรทดสอบกับกระบือที่อายุและเพศต่าง ๆ กัน รวมทั้งควรศึกษาลักษณะทางจุลกายวิภาคศาสตร์ของเซลล์และเนื้อเยื่อตาของกระบือเพื่อนำมาสนับสนุนข้อมูลทางพฤติกรรมวิทยาจะช่วยให้องค์ความรู้เกี่ยวกับการมองเห็นสีของ

กระบือปลักชัดเจนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กว้างขวางขึ้น

4. สรุป

เมื่อใช้ความถูกต้องที่ระดับ 75 เปอร์เซนต์ ในการทดสอบความสามารถแยกแยะสีของกระบือปลักพบว่ากระบือแยกแยะสีเทากับสีทดสอบที่มีความยาวคลื่นยาว (แดงและเหลือง) ได้ดี แต่การแยกแยะระหว่างสีเทาและสีทดสอบที่มีความยาวคลื่นปานกลาง (เขียวเข้ม) และสั้น (น้ำเงินและม่วง) ทำได้ยาก

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้กระบือทดลอง เจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุรินทร์ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือเป็นอย่างดี ตลอดจนการทดลอง คุณอรุณชัย รุ่งวิชานิวัฒน์ บริษัท เจ บี พี อินเตอร์เนชั่นแนล เฟ้นท์ จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัดค่าความสว่างของสีและผลิตสีที่ใช้ในการทดลอง ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ระดับนาโน ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์วัดค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของสีทดสอบ ศาสตราจารย์ Gerald H. Jacobs มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา ที่ให้ความอนุเคราะห์บทความวิจัยเกี่ยวกับการมองเห็นสีของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นักศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร ที่ช่วยในการเก็บข้อมูล และสุดท้ายขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่ให้การสนับสนุนงบวิจัยตลอดการทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Jacobs, G.H., 1993, The distribution and nature of colour vision among the mammals, *Biol. Rev.* 68: 413-471.
- [2] Snowden, R., Thompson, P. and Troscianko, T., 2012, *Basic Vision: An Introduction to Visual Perception*, Oxford University Press, Oxford, 400 p.
- [3] Munksgaard, L., de Passillé, A.M., Rushen, J. and Ladewig, J., 1999, Dairy cows' use of colour cues to discriminate between people, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 65: 1-11.
- [4] Gilbert, B.J. and Arave, C.W., 1986, Ability of cattle to distinguish among different wavelengths of light, *J. Dairy Sci.* 69: 825-832.
- [5] อนุชาติ แซ่ตั้ง, ไพโชค ปัญจะ และพิพัฒน์ สมภาร, 2551, การแปรผันประจำวันของอุณหภูมิร่างกายและพฤติกรรมของกระบือปลักสาวในช่วงฤดูร้อน, น. 1-9. ใน การประชุมทางวิชาการ ม.อบ. วิจัย ครั้งที่ 2, 28-29 กรกฎาคม 2551, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.
- [6] Riol, J.A., Sanchez, J.M., Eguren, V.G. and Gaudioso, V.R., 1989, Color perception in fighting cattle, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 23: 199-206.
- [7] Lotto, R.B., Clarke, R., Corney, D. and Purves, D., 2011, Seeing in colour, *Opti. Laser Techn.* 43: 261-269.
- [8] Jacobs, G.H., 2009, Evolution of colour vision in mammals, *Phil. Trans. R. Soc. B* 364: 2957-2967.
- [9] Lomas, C.A., Piggins, D. and Phillips, C.J.C., 1998, Visual awareness, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 57: 247-257.
- [10] Uetake, K. and Kudo, Y., 1994, Visual dominance over hearing in feed acquisition procedure, *Appl. Anim. Behav. Sci.* 42: 1-9.
- [11] Wong, B., 2011, Color blindness, *Nature Methods* 8: 441.
- [12] Hawryshyn, C.W., 1982, Studies of animal color vision: Comments on some important theoretical considerations, *Can. J. Zool.* 60: 2968-2970.
- [13] Deeb, S.S., 2006, Genetics of variation in human color vision and the retinal cone mosaic, *Curr. Opin. Gen. Devel.* 16: 301-307.