

บทที่ 4 ผลการวิจัย

จากวัตถุประสงค์ของโครงการ คือ เพื่อหาขอบเขตสีเปรียบเทียบ 12 สี ระหว่างสายตาคนหนุ่มสาวและสายตาผู้สูงอายุภายใต้สภาพแสงขาว (6500 เคลวิน) และสภาพแสงอมเหลือง (2800 เคลวิน) และนำไปสู่การกำหนดแนวทางการใช้สีที่สอดคล้องกับขอบเขตสีของผู้สูงอายุนั้น การวิจัยครั้งนี้ ได้ตอบวัตถุประสงค์ของโครงการ ดังนี้

4.1 การหาขอบเขตสีที่กำหนดโดยการเปรียบเทียบ 12 สีระหว่างสายตาคนหนุ่มสาวและสายตาผู้สูงอายุ

จากผลการทดลองในการหาขอบเขตสี 12 สี ได้แก่ สีแดง (R) สีม่วงแดง (P-R) สีชมพู (Pi) สีน้ำตาล (Br) สีแดง-เหลือง (R-Y) สีเหลือง (Y) สีเหลือง-เขียว (Y-G) สีเขียว (G) สีเขียวน้ำเงิน (G-B) สีน้ำเงิน (Bl) สีน้ำเงินม่วง (B-P) และสีม่วง (Pu) พบว่า ขอบเขตการเห็นสีของ 12 สีมีค่า CIELAB แตกต่างกัน โดยแต่ละสีมีขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดในช่วงสีนั้นๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 เช่น สีแดง มีจำนวนผู้สูงอายุและคนหนุ่มสาวเรียกสีแดงจำนวน 2,973 ครั้ง ค่าเฉลี่ย CIELAB ของสีแดง เท่ากับ $L^* 45.12$ $a^* 63.21$ และ $b^* 28.30$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.65, 11.52 และ 12.77 ตามลำดับ ดังนั้น ช่วงของสีแดงที่ได้จากการทดลอง คือ $L^* 45.12 \pm 6.65$ $a^* 63.21 \pm 11.52$ และ $b^* 28.30 \pm 12.77$ ค่าต่ำสุดที่ได้ของ L^* เท่ากับ 38.47 ค่าสีอื่นแสดงค่า CIELAB ในทำนองเดียวกัน

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่า CIELAB ของการหาขอบเขตสี 12 สี จากผู้สูงอายุและคนหนุ่มสาว แสดงในตารางที่ 3



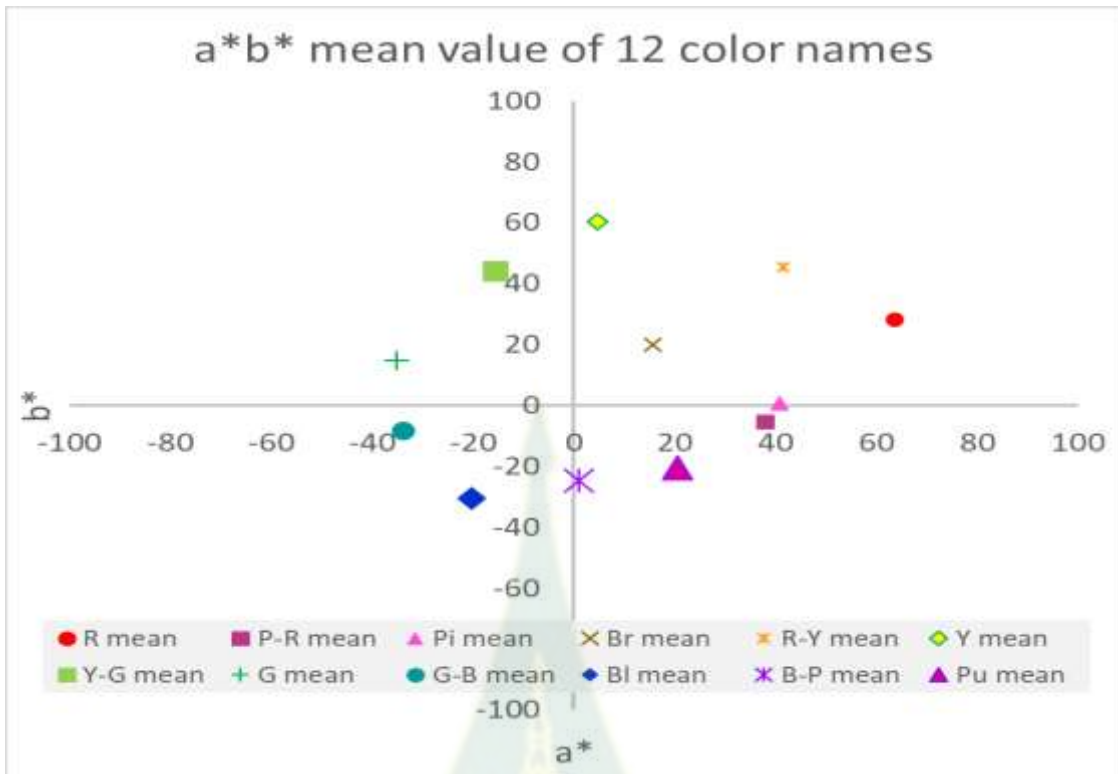
ตารางที่ 3. ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่า CIELAB ของการเรียกชื่อสี 12 สี จากผู้สูงอายุและคนหนุ่มสาว

ชื่อสี		L*	a*	b*
สีแดง (R)	ค่าเฉลี่ย	45.12	63.21	28.30
	จำนวน (N)	2973	2973	2973
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	6.65	11.52	12.77
	ค่าต่ำสุด	38.47	51.69	15.53
	ค่าสูงสุด	51.77	74.73	41.07
สีม่วงแดง (P-R)	ค่าเฉลี่ย	46.08	36.02	-4.62
	จำนวน (N)	3471	3471	3471
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	15.78	19.67	15.66
	ค่าต่ำสุด	30.30	16.36	-20.28
	ค่าสูงสุด	61.85	55.69	11.04
สีชมพู (Pi)	ค่าเฉลี่ย	67.35	38.7	1.17
	จำนวน (N)	7226	7226	7226
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	14.03	21.53	12.63
	ค่าต่ำสุด	53.32	17.17	-11.45
	ค่าสูงสุด	81.38	60.23	13.79
สีน้ำตาล (Br)	ค่าเฉลี่ย	47.38	15.63	19.88
	จำนวน (N)	7624	7624	7624
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	16.77	13.39	13.77
	ค่าต่ำสุด	30.61	2.24	6.11
	ค่าสูงสุด	64.15	29.02	33.65
สีแดง-เหลือง (R-Y)	ค่าเฉลี่ย	66.55	40.46	44.89
	จำนวน (N)	6666	6666	6666
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	10.72	18.34	17.27
	ค่าต่ำสุด	55.83	22.12	27.62
	ค่าสูงสุด	77.27	58.80	62.16
สีเหลือง (Y)	ค่าเฉลี่ย	82.98	5.12	57.75
	จำนวน (N)	4434	4434	4434
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	8.13	10.78	26.36
	ค่าต่ำสุด	74.84	-5.65	31.39
	ค่าสูงสุด	91.11	15.90	84.11
สีเหลือง-เขียว (Y-G)	ค่าเฉลี่ย	70.20	-15.53	43.96
	จำนวน (N)	6132	6132	6132
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	15.78	15.71	23.43
	ค่าต่ำสุด	54.41	-31.23	20.52
	ค่าสูงสุด	85.98	0.18	67.38

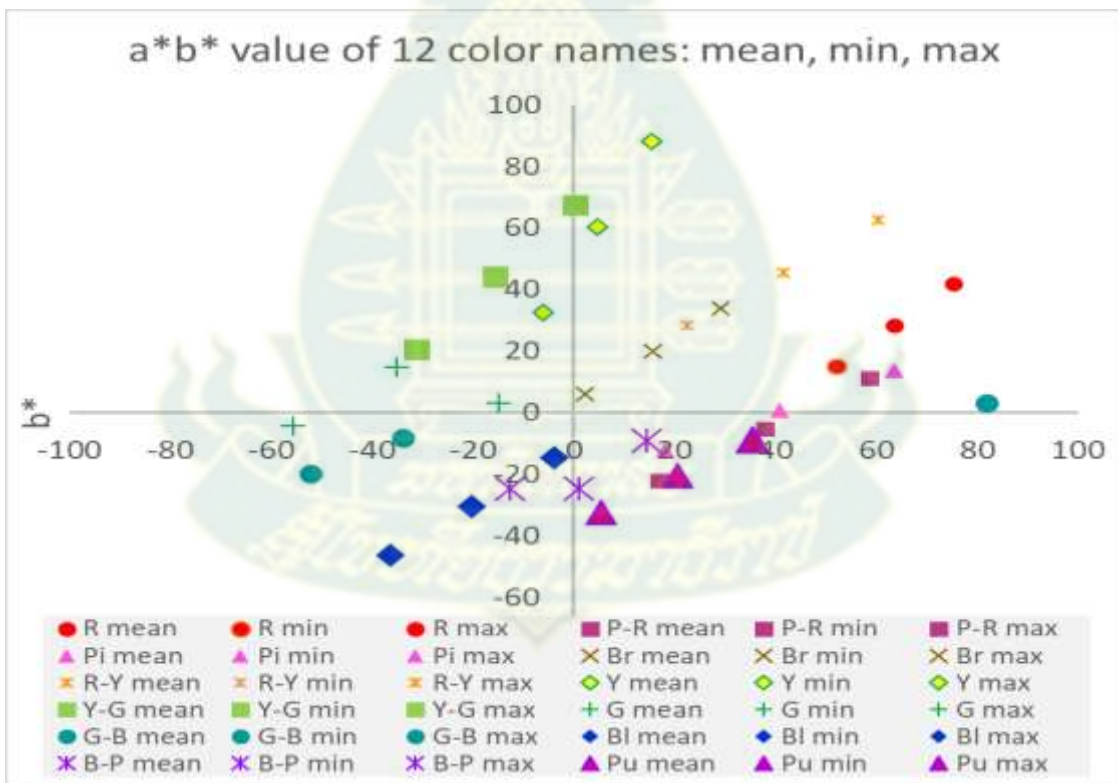
ตารางที่ 3 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่า CIELAB ของการเรียกชื่อสี 12 สี จากผู้สูงอายุและคนหนุ่มสาว

ชื่อสี		L*	a*	b*
สีเขียว (G)	ค่าเฉลี่ย	56.67	-34.94	14.90
	จำนวน (N)	10495	10495	10495
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	16.68	20.12	19.13
	ค่าต่ำสุด	39.99	-55.056	-4.23
	ค่าสูงสุด	73.34	-14.82	34.03
สีเขียวน้ำเงิน (G-B)	ค่าเฉลี่ย	53.30	-33.51	-8.38
	จำนวน (N)	6854	6854	6854
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	15.82	17.88	11.43
	ค่าต่ำสุด	37.48	-51.40	-19.81
	ค่าสูงสุด	69.13	-15.63	3.05
สีน้ำเงิน (BL)	ค่าเฉลี่ย	53.07	-20.01	-29.18
	จำนวน (N)	10035	10035	10035
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	17.00	15.61	14.93
	ค่าต่ำสุด	36.07	-35.62	-44.11
	ค่าสูงสุด	70.07	-4.41	-14.25
สีน้ำเงินม่วง (B-P)	ค่าเฉลี่ย	38.75	-0.31	-23.41
	จำนวน (N)	4169	4169	4169
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	16.42	11.21	13.37
	ค่าต่ำสุด	22.33	-11.52	-36.79
	ค่าสูงสุด	55.18	10.90	-10.04
สีม่วง (Pu)	ค่าเฉลี่ย	48.82	19.57	-19.89
	จำนวน (N)	7451	7451	7451
	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	16.38	14.94	11.74
	ค่าต่ำสุด	32.44	4.63	-31.63
	ค่าสูงสุด	65.20	34.52	-8.15

จากข้อมูลค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่า CIELAB ของการหาขอบเขตสี 12 สี จากผู้สูงอายุและคนหนุ่มสาวในตารางที่ 3 สามารถแสดงเป็นกราฟค่าความสัมพันธ์ระหว่าง a*b* ดังภาพที่ 16 แสดงให้เห็นว่า แต่ละสีอยู่ในตำแหน่งสีสอดคล้องกับชื่อเรียก และมีขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของสีที่เรียกทั้ง 12 สี



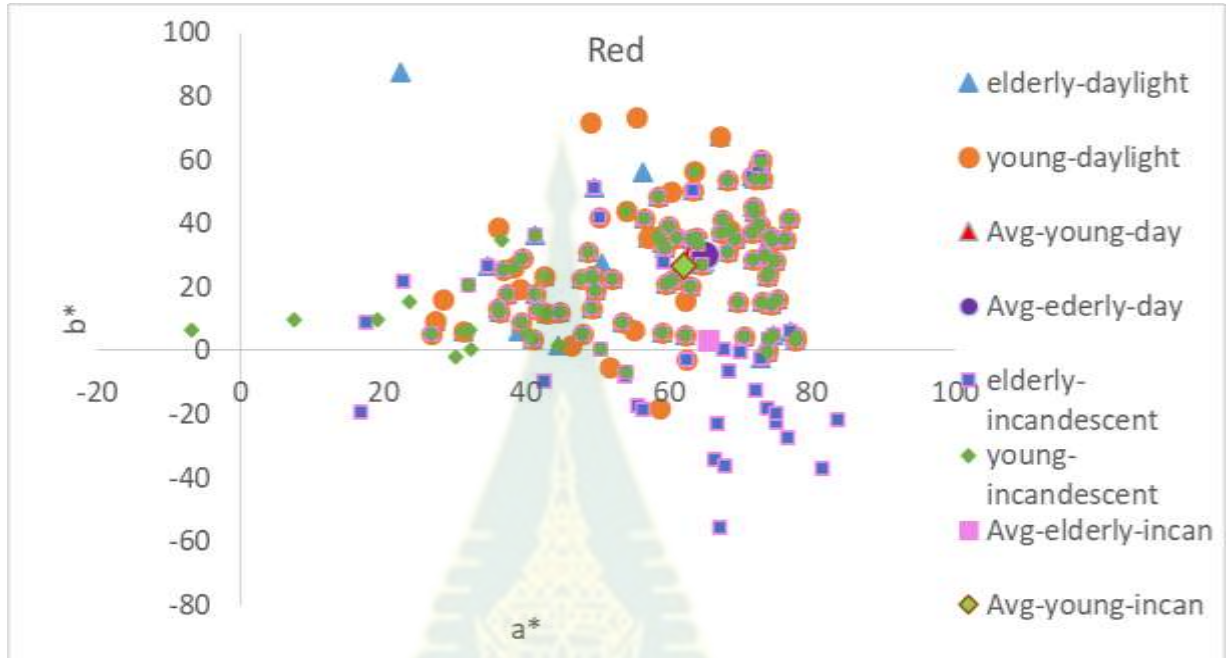
(ก)



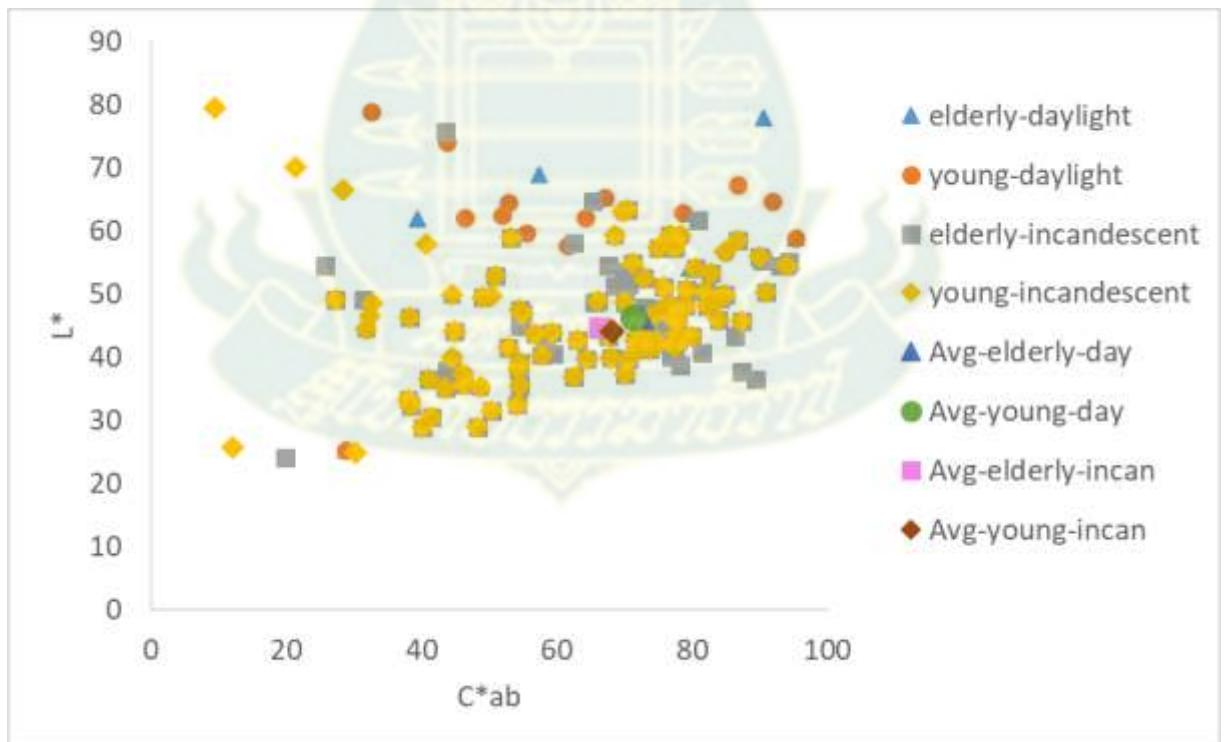
(ข)

ภาพที่ 16. ค่า CIE a^*b^* ของ 12 สี ที่ได้จากกลุ่มผู้สูงอายุและคนหนุ่มสาวที่เรียกสีภายใต้สภาพแสงขาว (6500 เคลวิน) และสภาพแสงอมเหลือง (2800 เคลวิน) (ก) แสดงค่าเฉลี่ย (ข) แสดงค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด

จากข้อมูลความถี่ในการเรียกชื่อสีของผู้ทดลอง ซึ่งมีการเลือกขึ้นตัวอย่างแต่ละสีและระบุชื่อเรียกเป็นแต่ละสีในจำนวน 12 สี นั้น พบว่า ลักษณะการกระจายตัวของการเลือกระบุค่าสีแต่ละสี มีความคล้ายคลึงกัน โดยสามารถแสดงเป็นกราฟในสองมิติ คือ แกนสี CIE a^*b^* และ ความสว่าง-ความอึมตัวสี โดยจัดแสดงเป็นกราฟของแต่ละสีในจำนวน 12 สี ดังภาพที่ 17 - 28

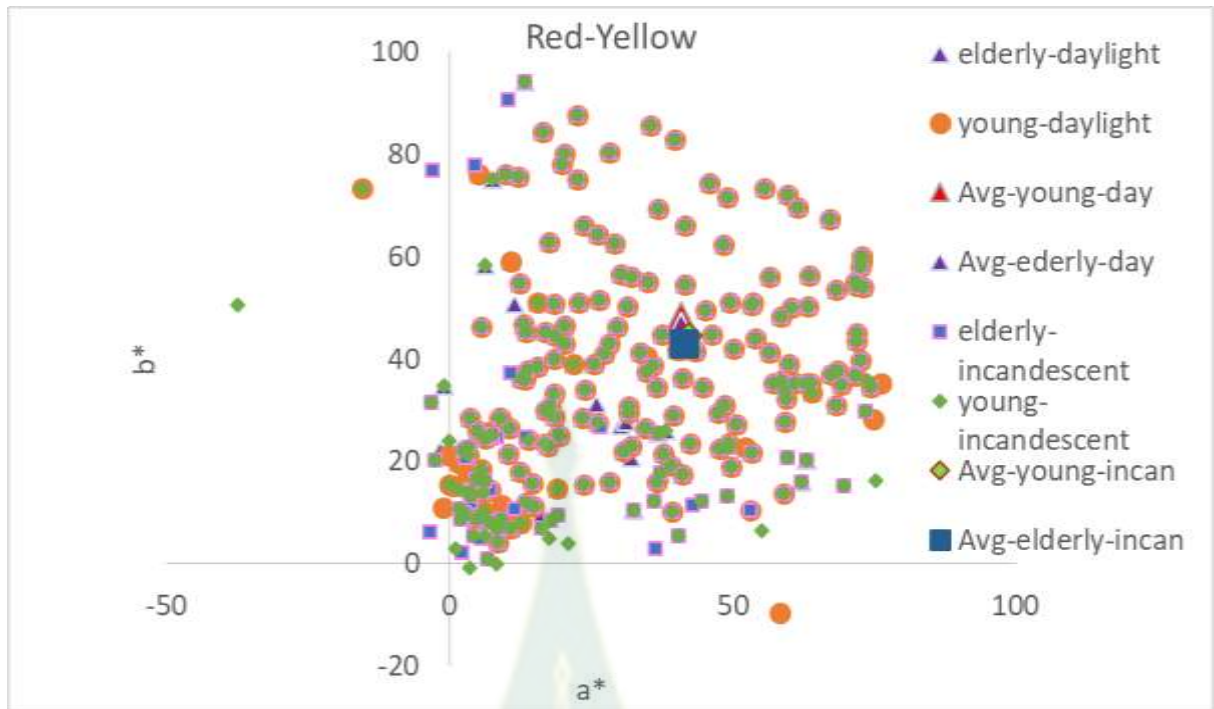


(ก)

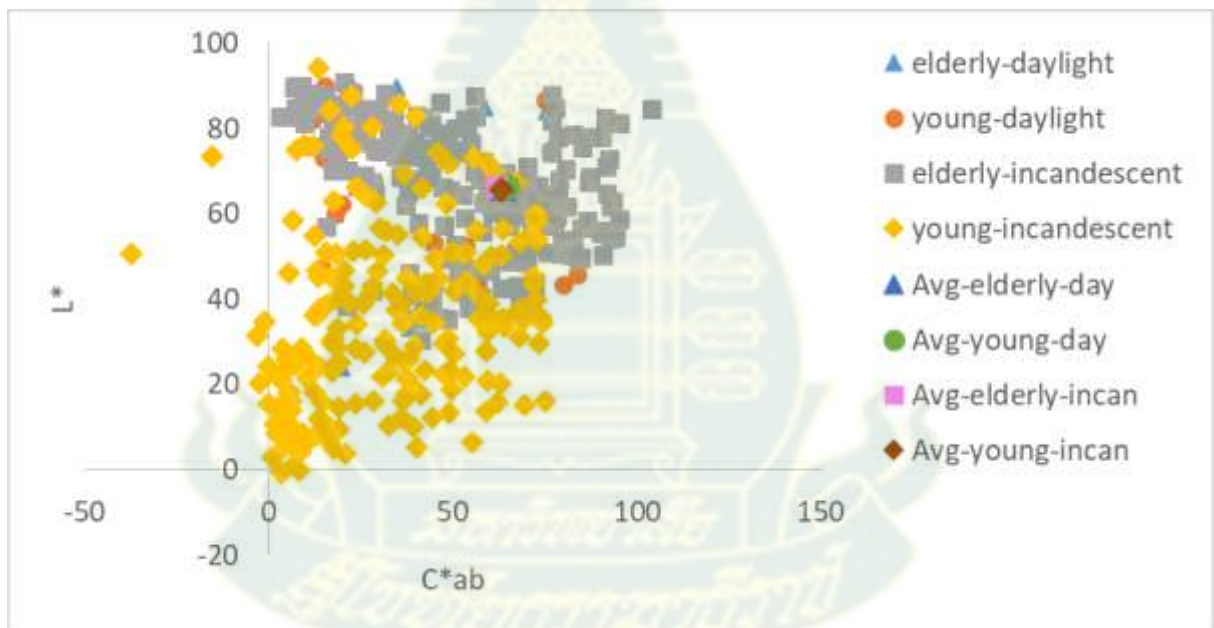


(ข)

ภาพที่ 17. แกนสี CIE a^*b^* (บน) และ ความสว่าง-ความอึมตัวสี (ล่าง) ของสีแดง

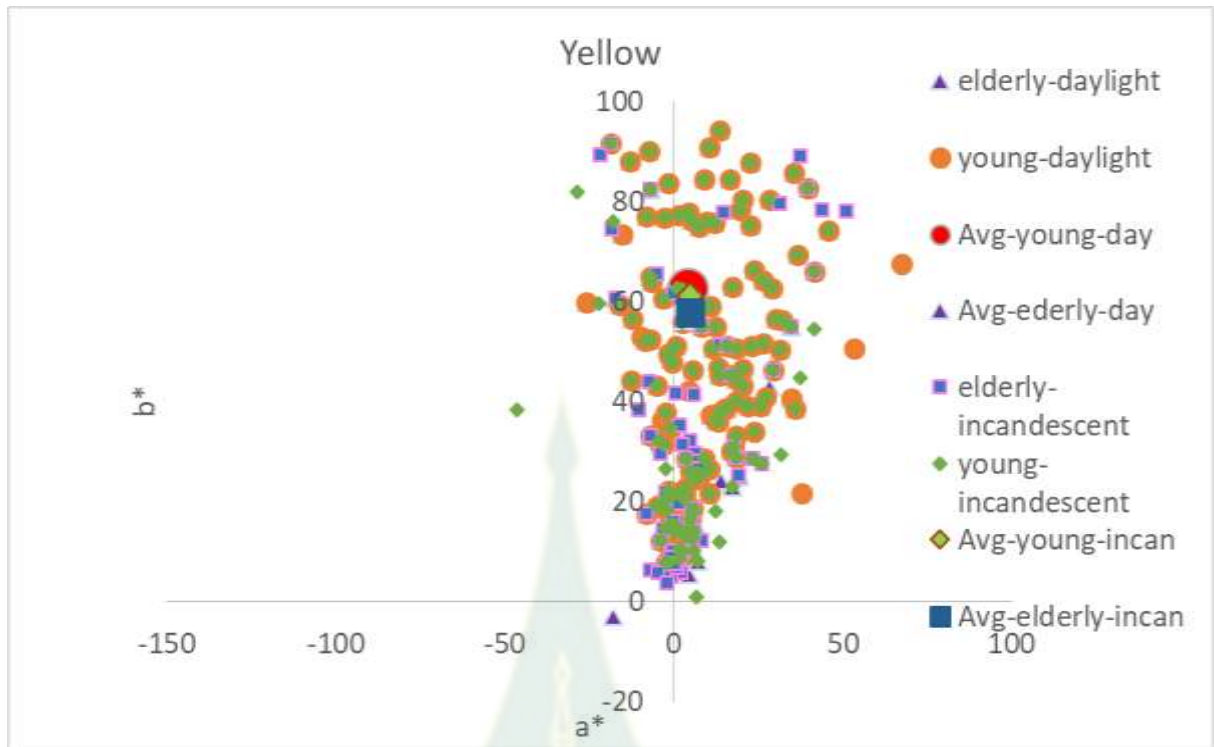


(ก)

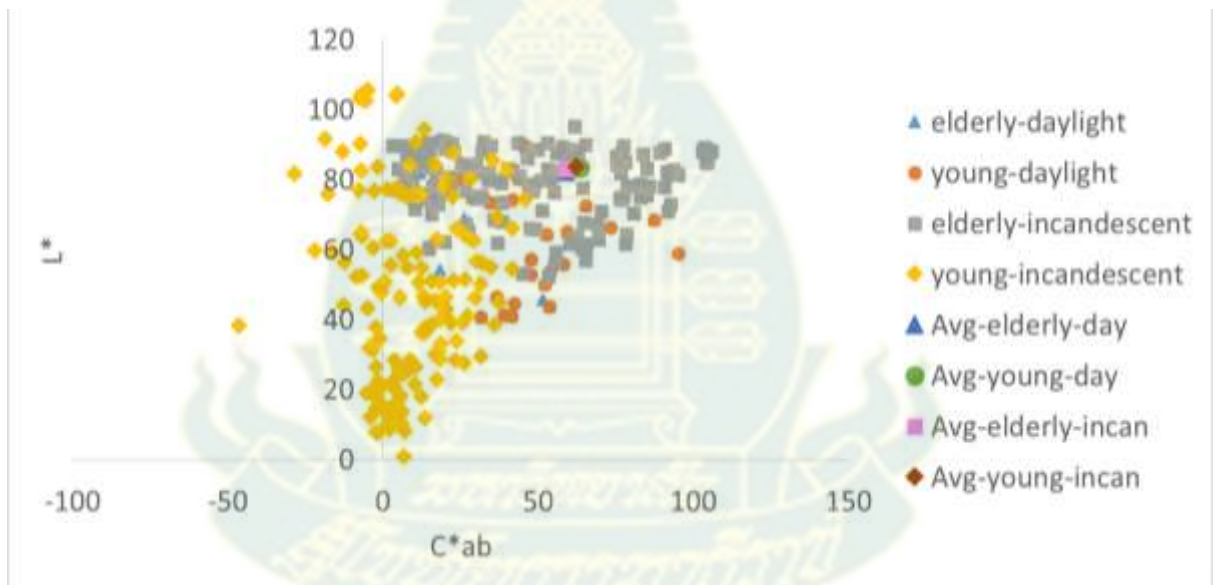


(ข)

ภาพที่ 18. แกนสี CIE a^*b^* (บน) และ ความสว่าง-ความอิ่มตัวสี (ล่าง) ของสีแดงเหลือง

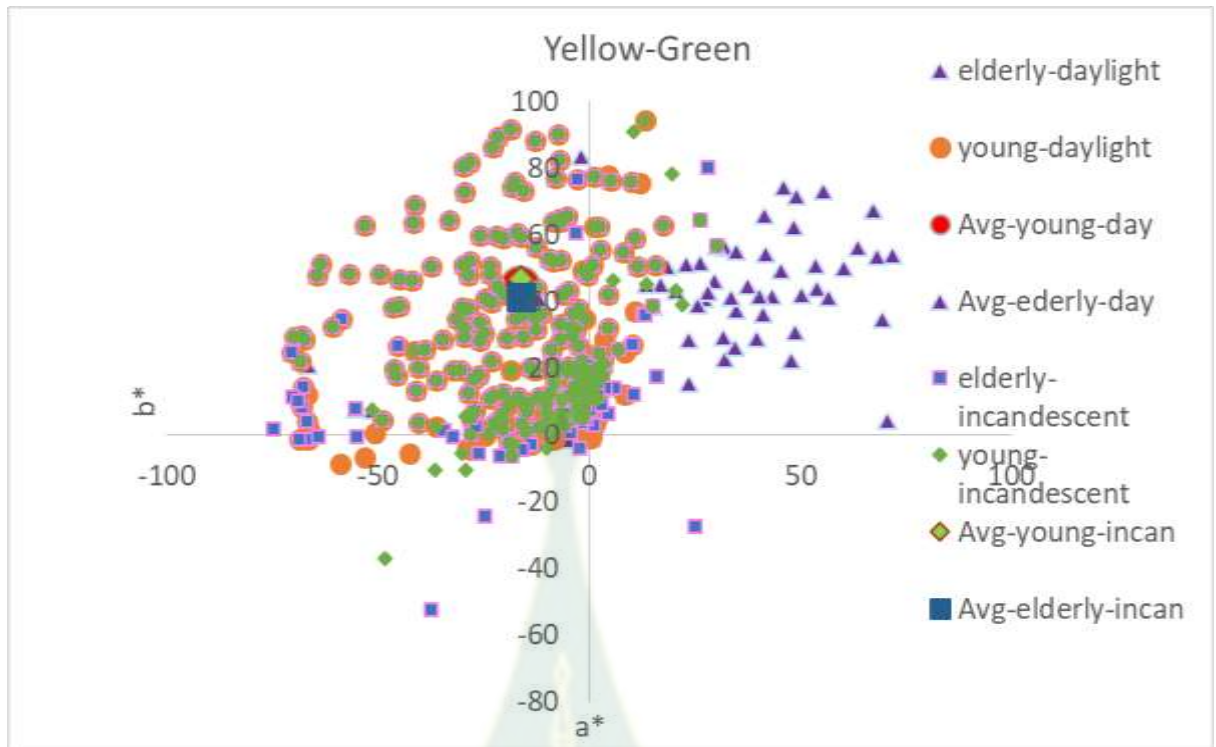


(ก)

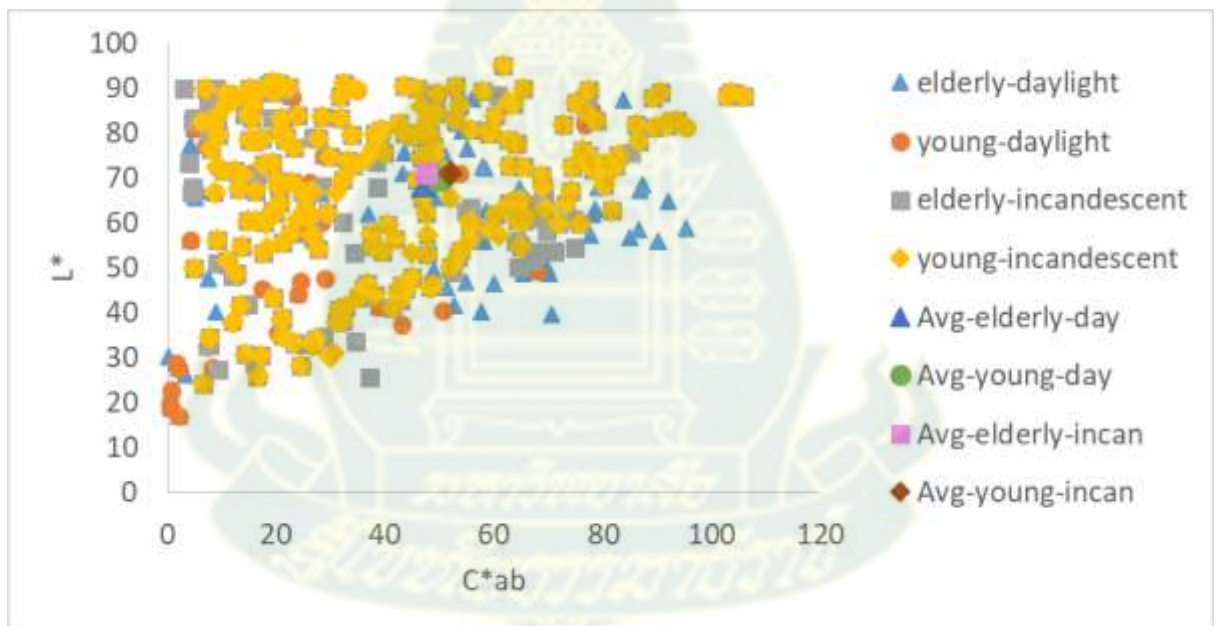


(ข)

ภาพที่ 19. แกนสี CIE a*b* (บน) และ ความสว่าง-ความอิ่มตัวสี (ล่าง) ของสีเหลือง

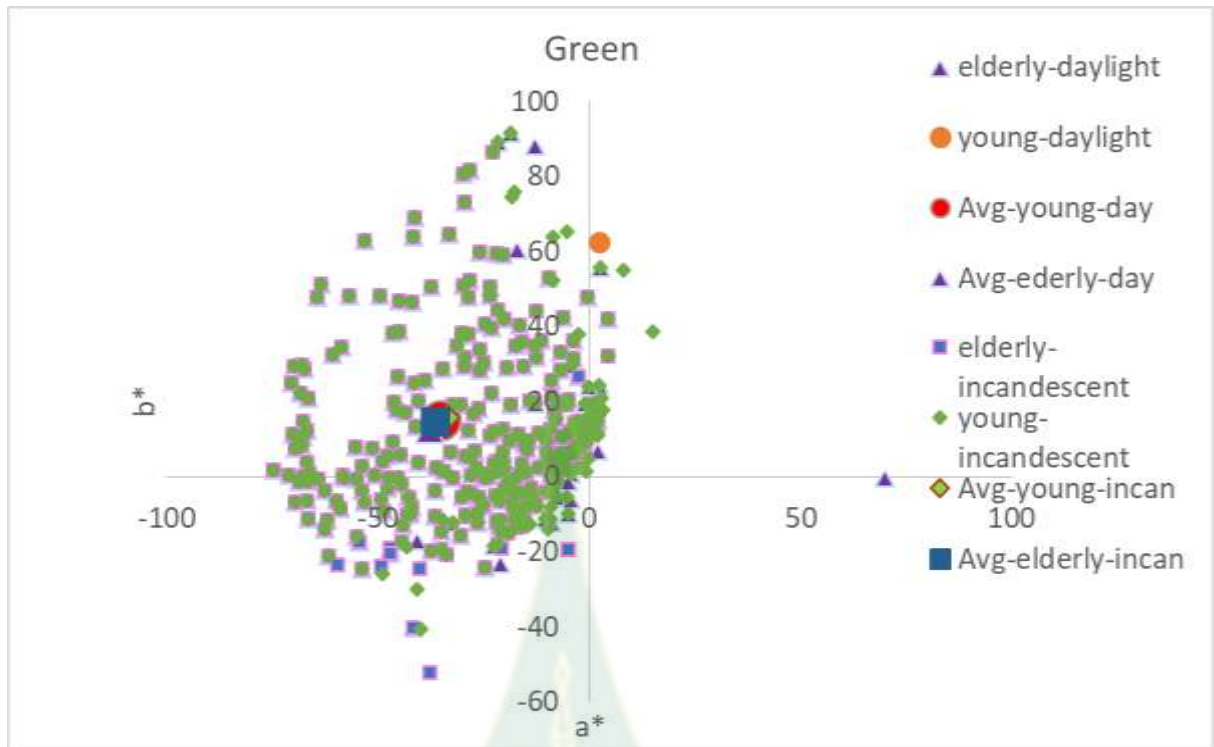


(ก)

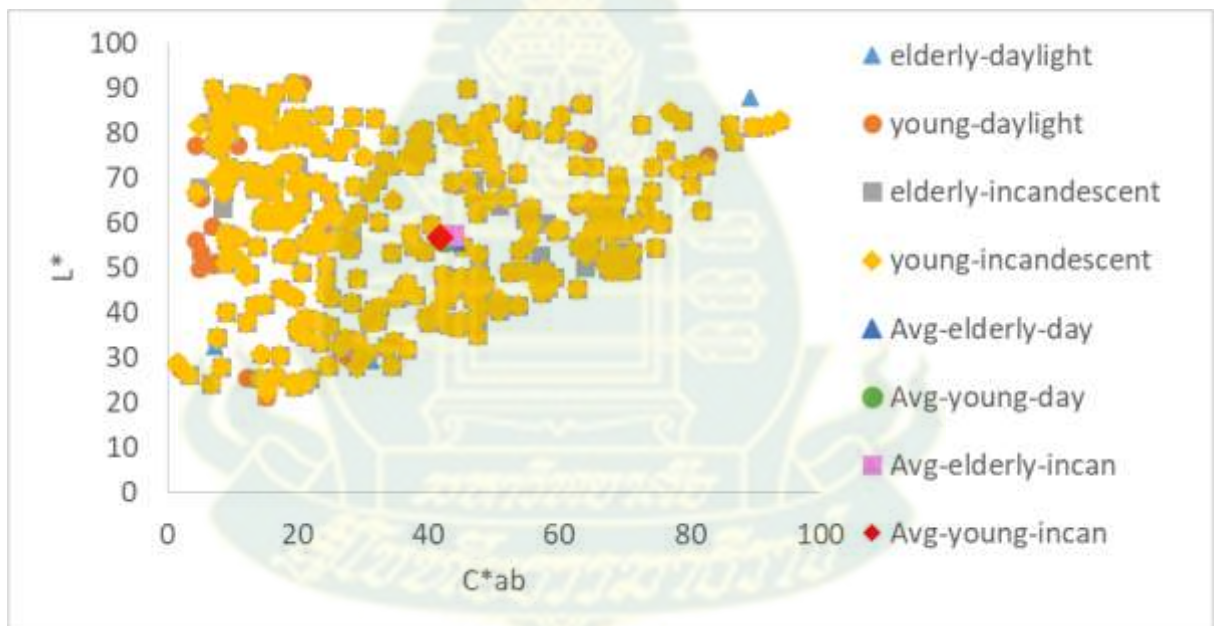


(ข)

ภาพที่ 20. แกนสี CIE a^*b^* (บน) และ ความสว่าง-ความอิ่มตัวสี (ล่าง) ของสีเหลือง-เขียว

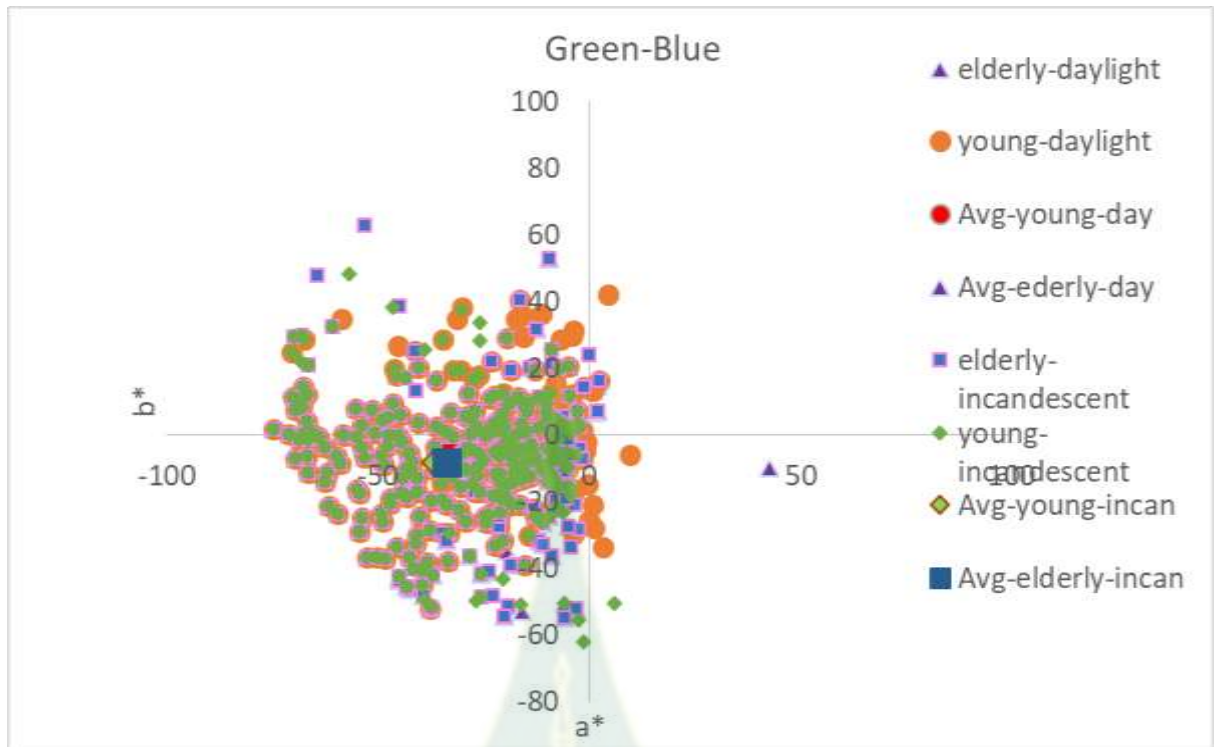


(ก)

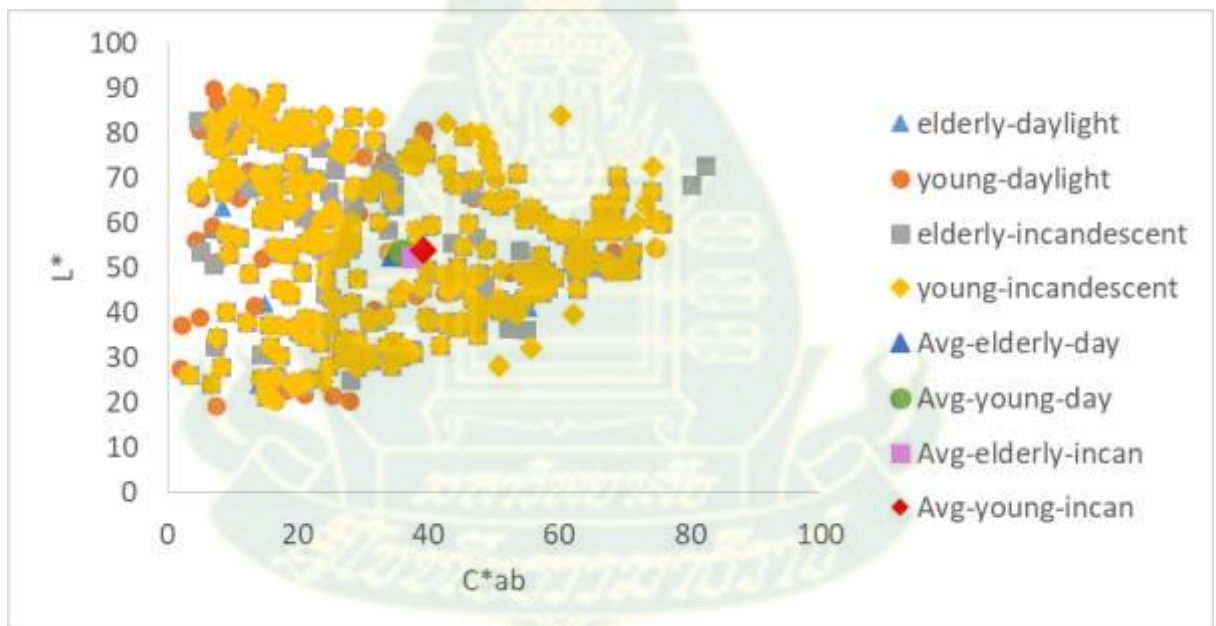


(ข)

ภาพที่ 21. แกนสี CIE a^*b^* (บน) และ ความสว่าง-ความอิ่มตัวสี (ล่าง) ของสีเขียว

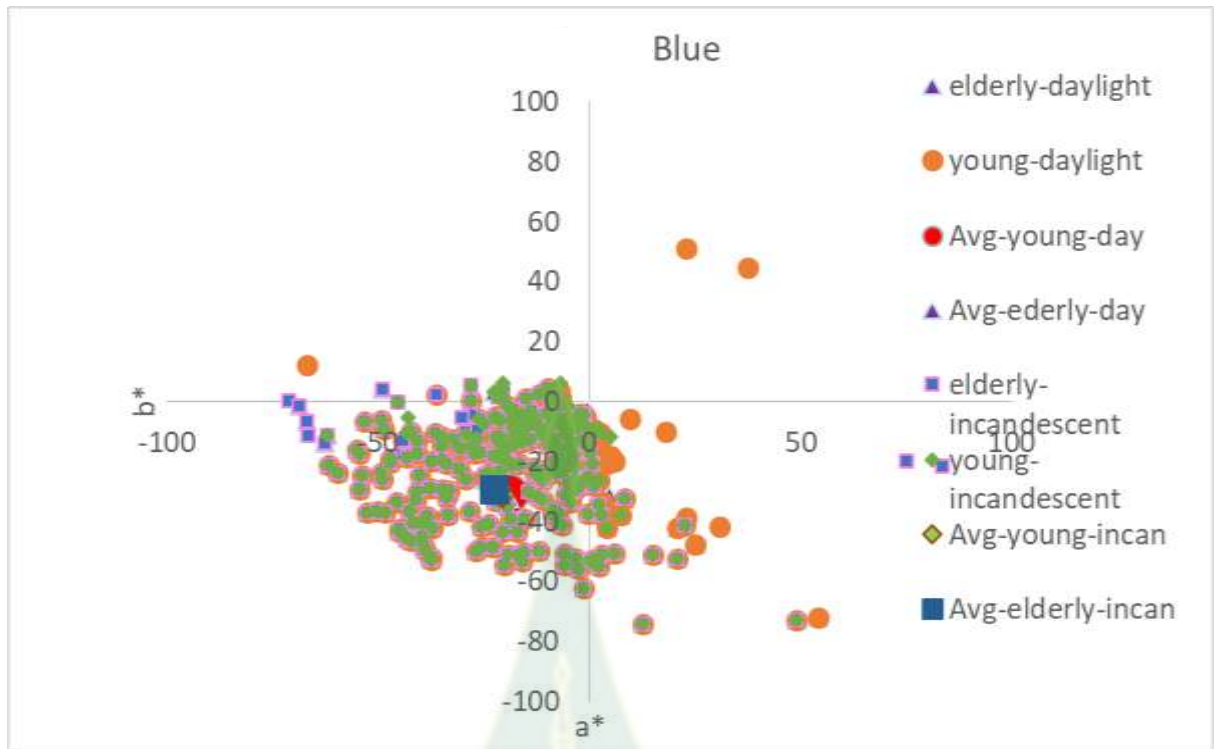


(ก)

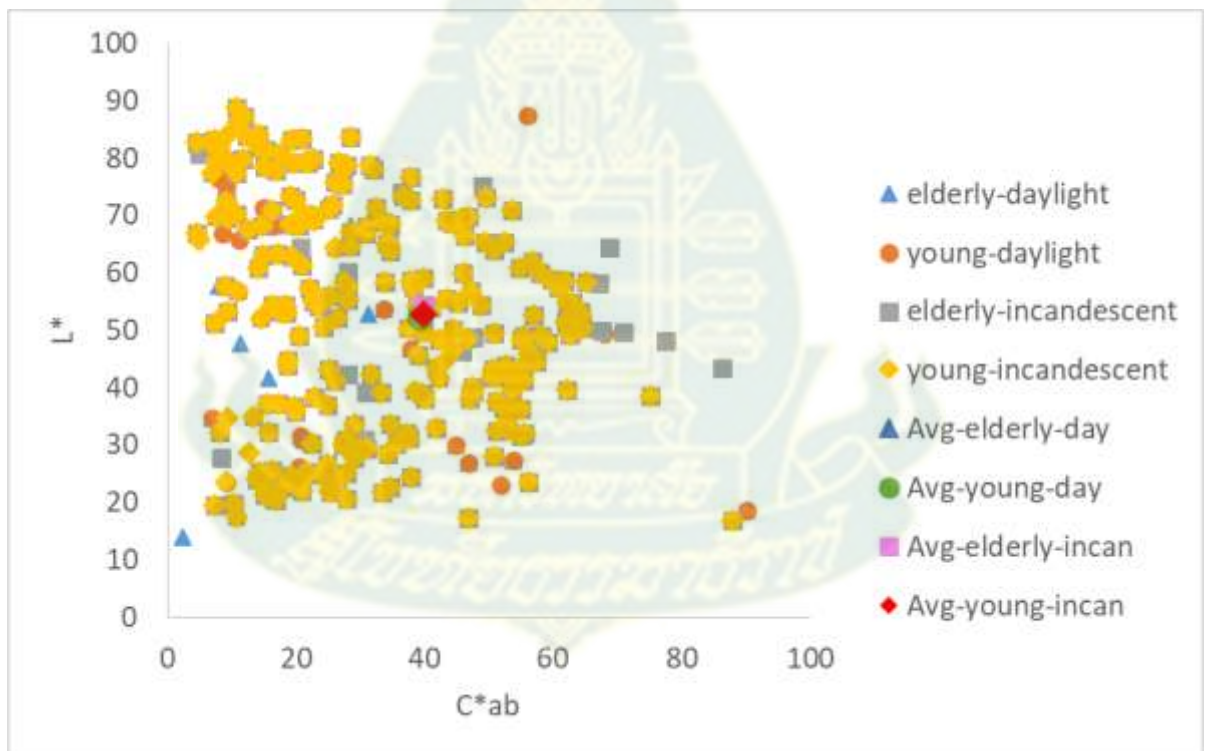


(ข)

ภาพที่ 22. แกนสี CIE a*b* (บน) และ ความสว่าง-ความอิ่มตัวสี (ล่าง) ของสีเขียว-น้ำเงิน

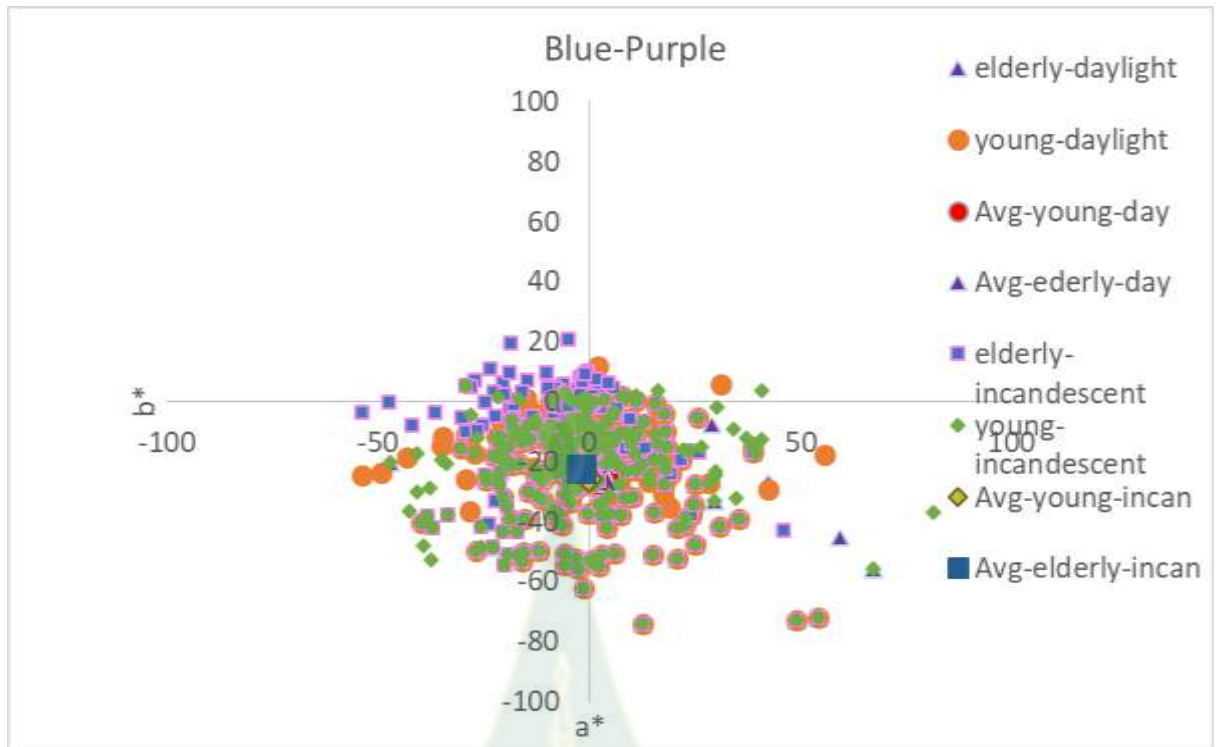


(ก)

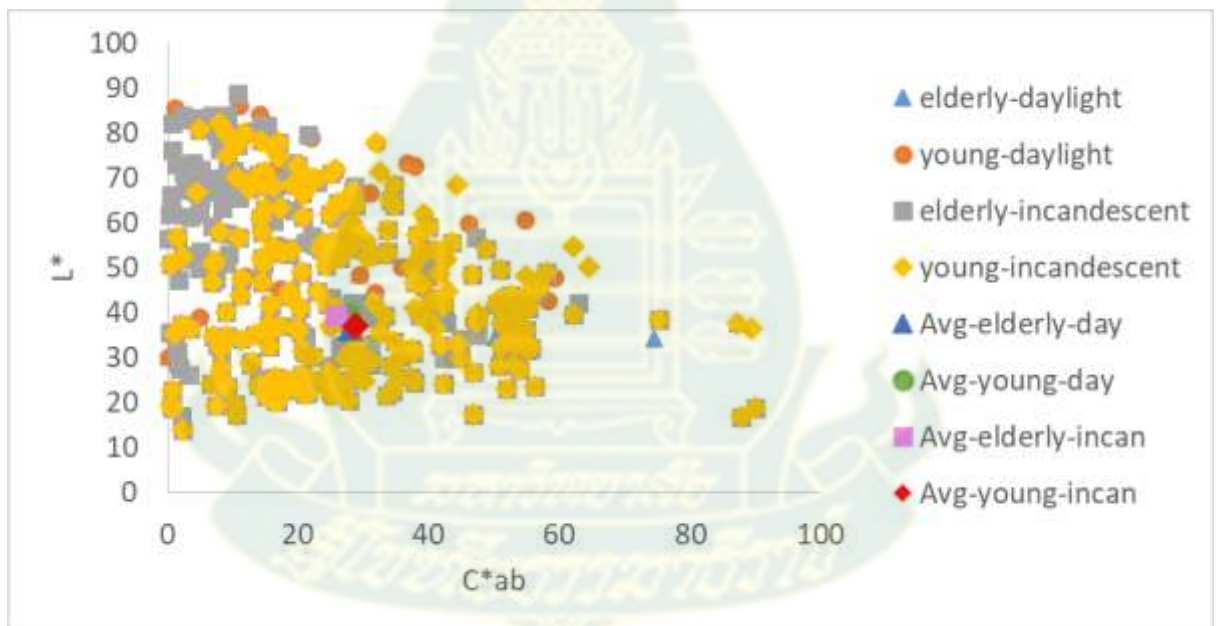


(ข)

ภาพที่ 23. แกนสี CIE a*b* (บน) และ ความสว่าง-ความอิ่มตัวสี (ล่าง) ของสีน้ำเงิน

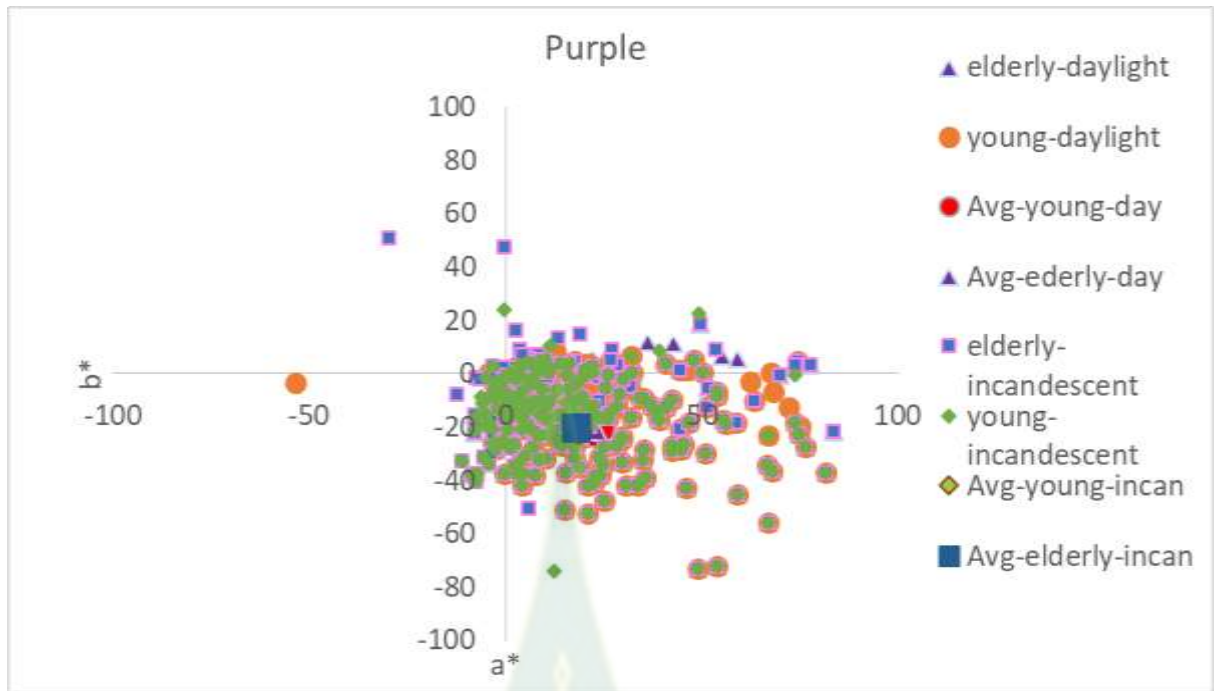


(ก)

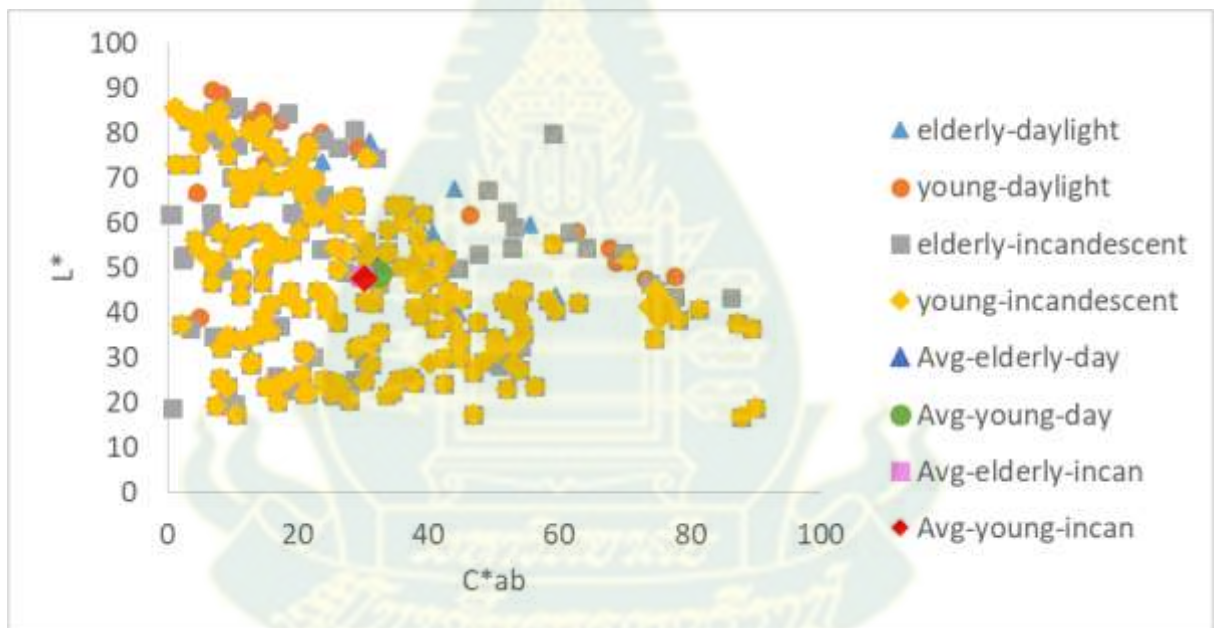


(ข)

ภาพที่ 24. แกนสี CIE a*b* (บน) และ ความสว่าง-ความอิ่มตัวสี (ล่าง) ของสีน้ำเงิน-ม่วง

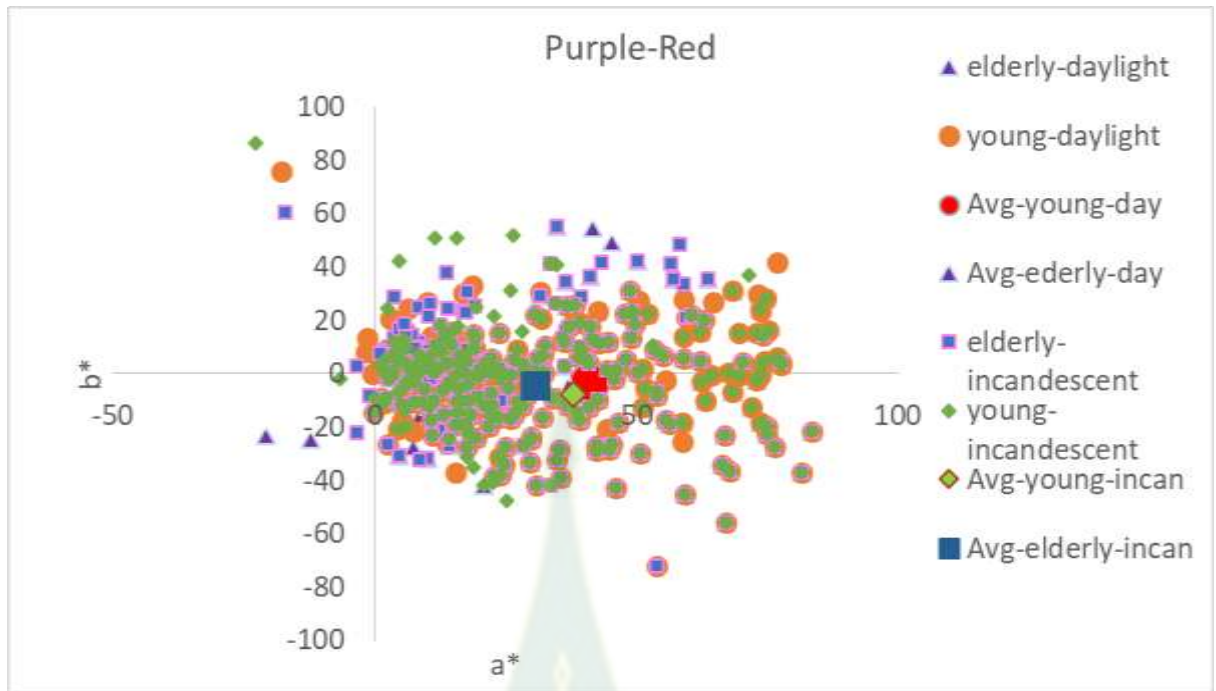


(ก)

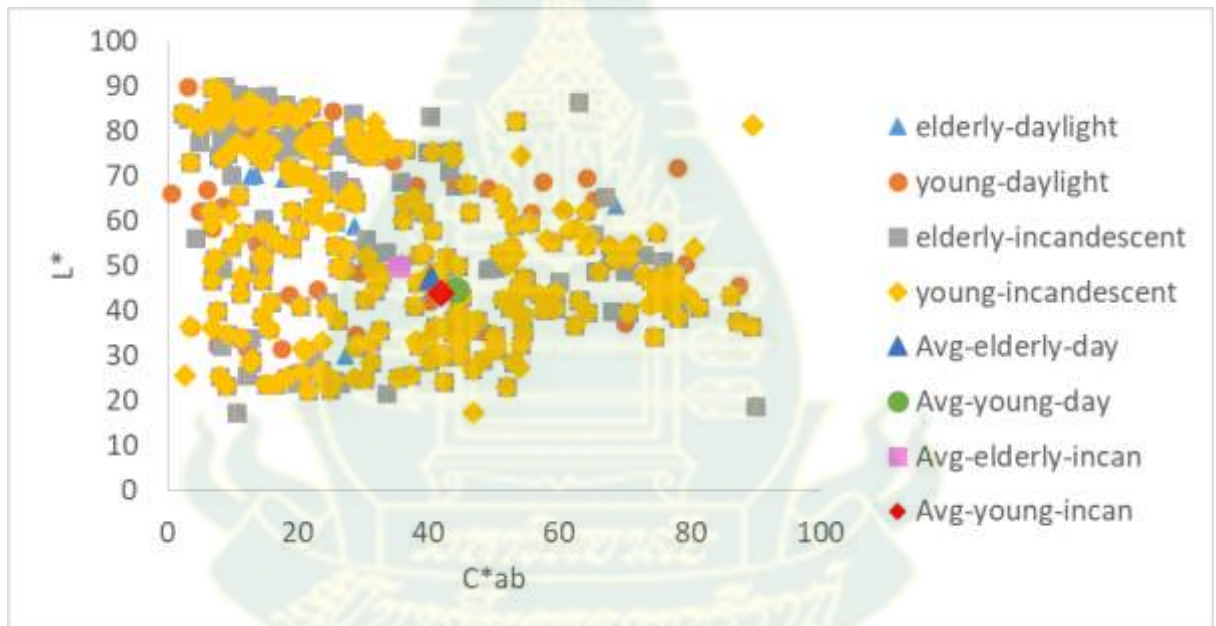


(ข)

ภาพที่ 25. แกนสี CIE a*b* (บน) และ ความสว่าง-ความอิ่มตัวสี (ล่าง) ของสีม่วง

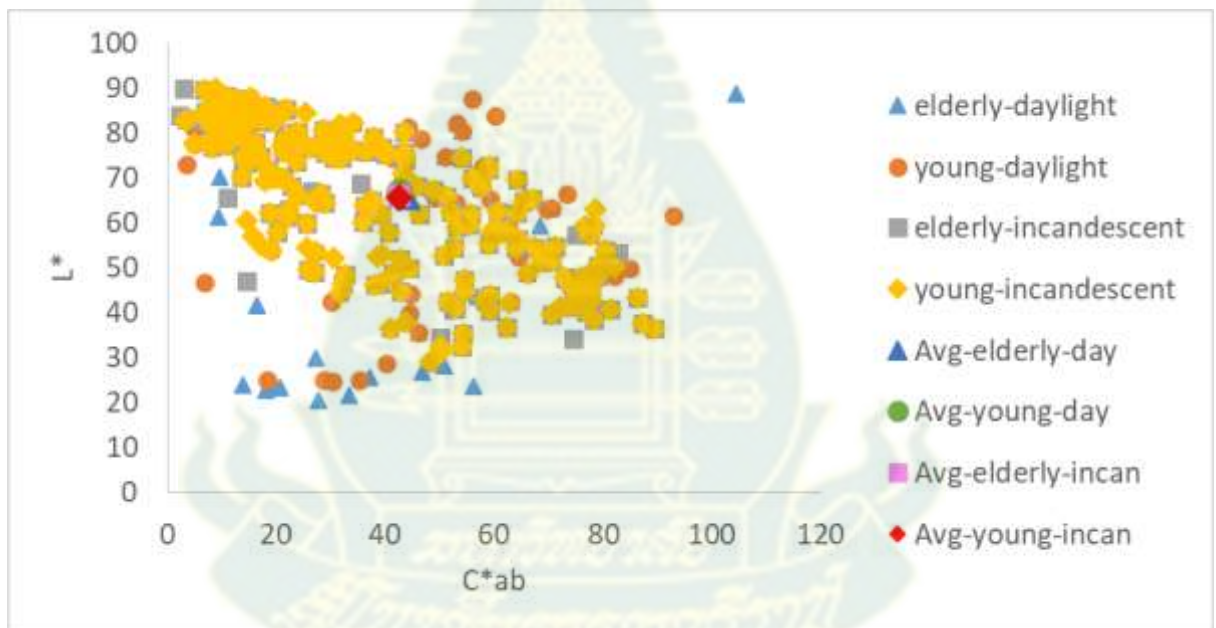
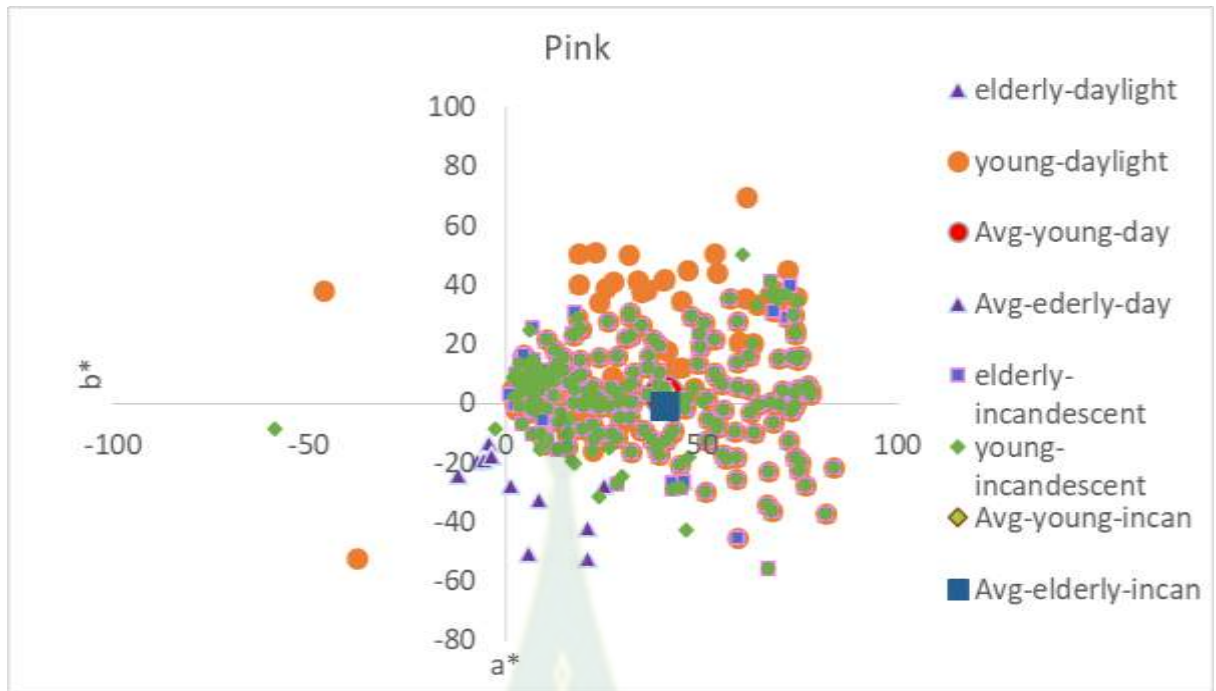


(ก)

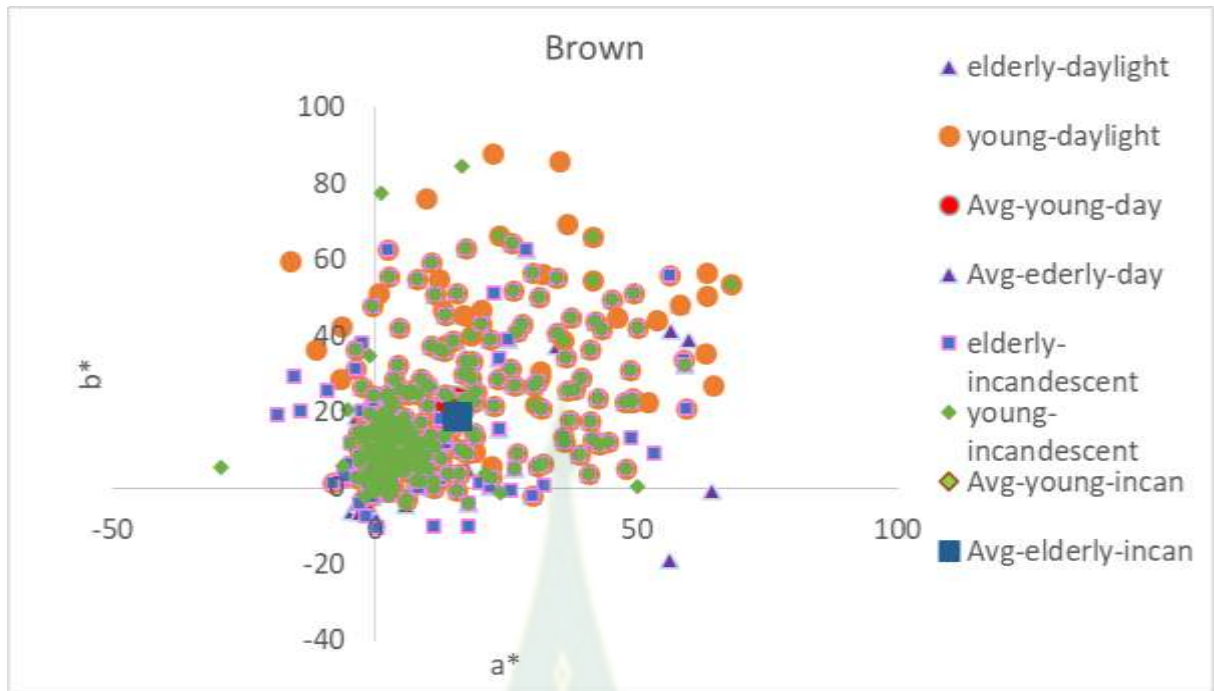


(ข)

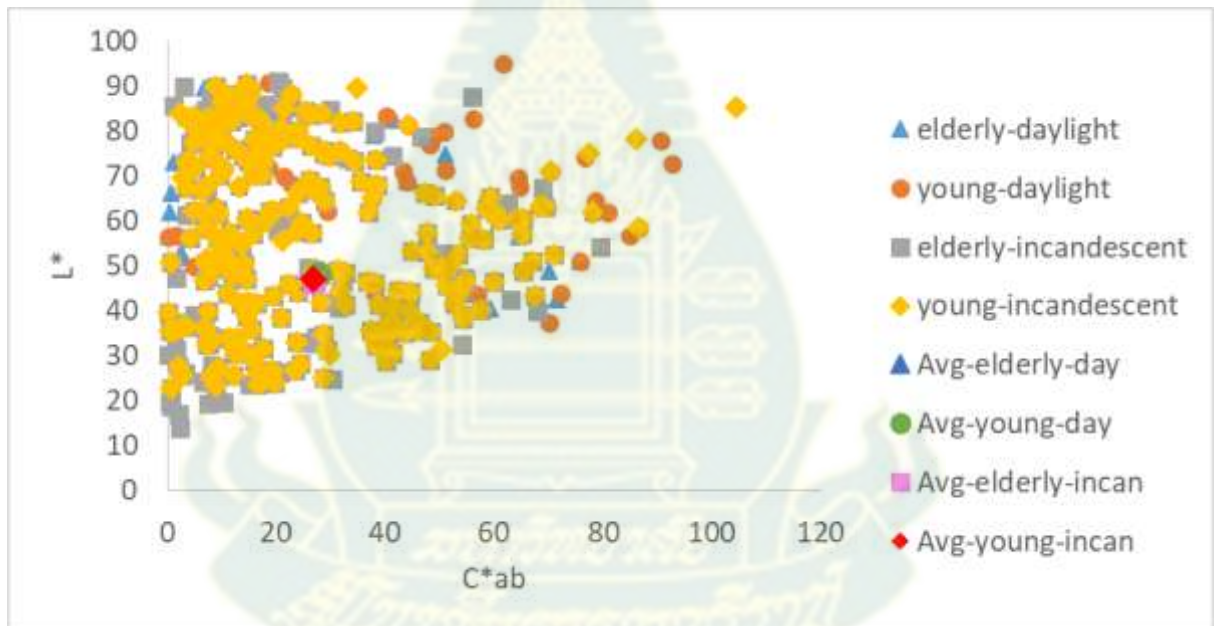
ภาพที่ 26. แกนสี CIE a^*b^* (ก) และ ความสว่าง-ความอิ่มตัวสี (ข) ของสีม่วง-แดง



ภาพที่ 27. แกนสี CIE a*b* (ก) และ ความสว่าง-ความอิ่มตัวสี (ข) ของสีชมพู



(ก)



(ข)

ภาพที่ 28. แกนสี CIE a^*b^* (ก) และ ความสว่าง-ความอิ่มตัวสี (ข) ของสีน้ำตาล

4.2 การเปรียบเทียบขอบเขตการมองเห็นสีของสายตาคอนหนุ่มสาวและสายตาผู้สูงอายุเมื่อมองดูสีภายใต้สภาพแสงขาว (6500 เคลวิน) และสภาพแสงอมเหลือง (2800 เคลวิน)

ขอบเขตการมองเห็นสีของสายตาคอนหนุ่มสาวและสายตาผู้สูงอายุในการมองเห็นทั้ง 12 สี เมื่อมองดูสีภายใต้สภาพแสงขาว (6500 เคลวิน) และสภาพแสงอมเหลือง (2800 เคลวิน) นั้น จากการวิเคราะห์หลายตัวแปร (multivariate analysis of variance, MANOVA) พบว่า ชื่อเรียกสี (Colorname) กลุ่มผู้ทดลอง (Group) และ สภาพแสง (Lighttype) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม หรือค่า CIELAB อย่างมีนัยสำคัญ [$F(36, 272371.60) = 2.83$ (Wilks' Lambda) $p\text{-value} < 0.01$] ดังแสดงในตารางที่ 4 (ข้อมูลจากภาคผนวก)

ตารางที่ 4. ผลการทดสอบหลายตัวแปร (MANOVA) โดยใช้ค่า Wilks' Lambda

Effect	Value	F	Sig.
Intercept	.099	279044.160 ^b	.000
Colorname	.074	9863.093	.000
Group	.999	20.223 ^b	.000
Lighttype	.998	57.308 ^b	.000
Colorname * Group	.995	12.650	.000
Colorname * lighttype	.995	14.113	.000
Group * Lighttype	1.000	11.704 ^b	.000
Colorname * Group * Lighttype	.999	2.830	.000

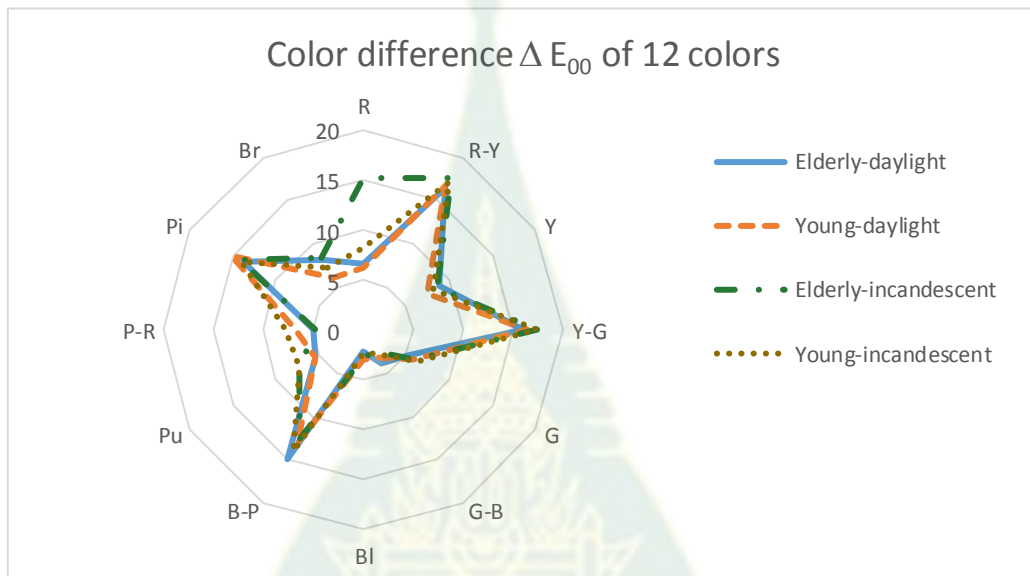
a. Design: Intercept + colorname + Group + lighttype + colorname * Group + colorname * lighttype + Group * lighttype + colorname * Group * lighttype

b. Exact statistic

ผลการทดลองที่ได้จากการทำการทดลองกับผู้ทดลองคนหนุ่มสาว 30 คน และคนสูงอายุ 15 คน เมื่อทำการทดลองจัดกลุ่มสีของขึ้นตัวอย่าง 1,046 ขึ้นลงในสีเป้าหมาย 12 สี ภายใต้สภาพแสงขาว (6500 เคลวิน) และสภาพแสงอมเหลือง (2800 เคลวิน) นั้น พบว่าการจัดกลุ่มสีมีความแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับอายุผู้ทดลอง และสภาพแสง

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยการใช้สมการความต่างสี CIE ΔE_{00} ผลการทดลองในการตัดสินใจเลือกระบุชื่อสีเมื่อมองภายใต้สภาพแสงขาว (6500 เคลวิน) และสภาพแสงอมเหลือง (2800 เคลวิน) พบว่า คนหนุ่มสาวและผู้สูงอายุมีการมองเห็นโดยส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน ยกเว้นสีแดง (R) และสีม่วงแดง (P-R) โดยเฉพาะการมองเห็นสีแดงภายใต้สภาพแสงอมเหลือง (2800 เคลวิน) ผู้สูงอายุมีการมองเห็นต่างจากการมองเห็นภายใต้สภาพแสงขาว (6500 เคลวิน) และยังคงมองเห็นแตกต่างจากคนหนุ่มสาวทั้งภายใต้สภาพ

แสงขาว (6500 เคลวิน) และสภาพแสงอมเหลือง (2800 เคลวิน) นอกจากนี้แล้ว สองสีนี้ยังมีผลต่อการมองเห็นแตกต่างกันของคนหนุ่มสาวภายใต้สภาพแสงทั้งสองด้วย ในขณะที่ผู้สูงอายุไม่เห็นความแตกต่างของสีม่วงแดงในระหว่างสภาพแสงทั้งสอง ส่วนสีเขียว-น้ำเงิน (G-B) เป็นสีที่มีความแตกต่างจากสีอ้างอิงน้อยกว่า 3 ($\Delta E_{00} < 3$) และทั้งสองกลุ่มอายุของผู้ทดลองไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีเขียว-น้ำเงินได้ภายใต้สองสภาพแสง จึงเป็นสีที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการออกแบบให้มองเห็นเป็นสีเดียวกันในทุกทั้งสองสภาพแสงและสองกลุ่มอายุ จึงเป็นข้อสังเกตในการออกแบบการใช้สีที่เหมาะสมทั้งผู้สูงอายุและคนหนุ่มสาว



ภาพที่ 29. ระดับความต่างสีในการมองเห็น เปรียบเทียบสายตาคนหนุ่มสาวและสายตาผู้สูงอายุ ภายใต้สภาพแสงขาว (6500 เคลวิน) และสภาพแสงอมเหลือง (2800 เคลวิน) วิเคราะห์ด้วยสมการความต่างสี CIE ΔE_{00}