บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาหาคุณสมบัติของสีผสมอาหารแต่ละชนิดโดยใช้เทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟี

4.1.1 ผลการศึกษาหาคุณสมบัติของสีผสมอาหารประเภทที่ละลายน้ำ

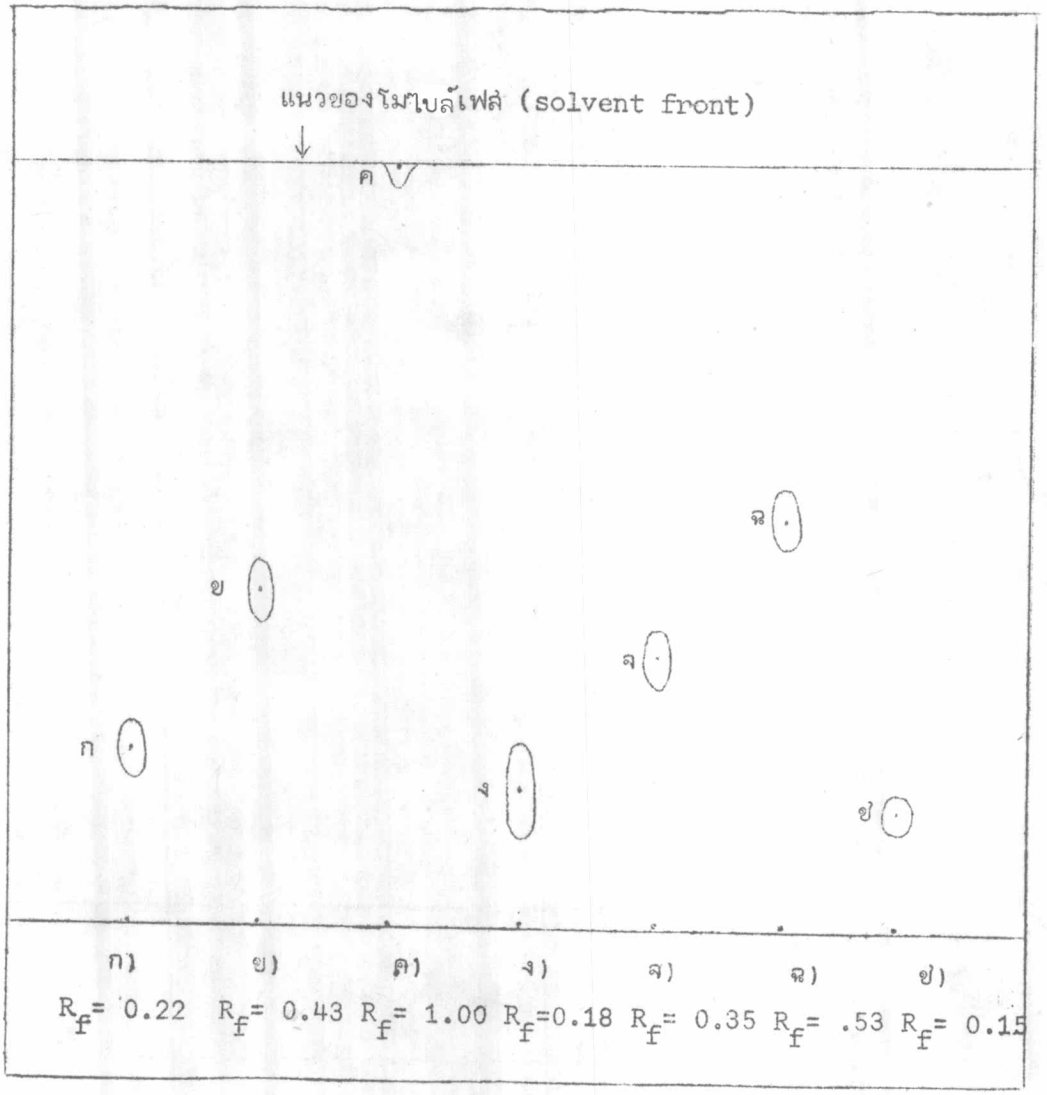
จากการนำสีผสมอาหารแต่ละชนิดเพียงสีเดียวไปทดลองทำเปเปอร์โครมาโตกราฟี โดยใช้กระดาษโครมาโตกราฟีเบอร์ 1 และกระดาษกรองธรรมดาซึ่งราคาถูก จากการทดลองใช้ระบบของโมไบล์เฟสต่าง ๆ กันจำนวน 12 ชนิด ตามข้อ 3.2.1.1 และข้อ 3.2.1.5 เพื่อจะหาว่าโมไบล์เฟสใดเหมาะสมที่ใช้สำหรับแยกสีเหล่านี้ ลักษณะของโครมาโตแกรมที่ได้ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 9 ซึ่งใช้กระดาษโครมาโตกราฟี และรูปที่ 10 เมื่อใช้กระดาษกรอง จากโครมาโตแกรมนำไปคำนวนหาค่า R_f โดยใช้สมการที่ 2 ค่า R_f ที่คำนวนได้สำหรับสีแต่ละชนิดเมื่อใช้กระดาษโครมาโตกราฟี (ก) และกระดาษกรองธรรมดา (ข) โดยใช้โมไบล์เฟสต่าง ๆ กันดังแสดงในตารางที่ 6

จากผลของการทดลองนี้สามารถสรุปผลได้ดังต่อไปนี้คือ

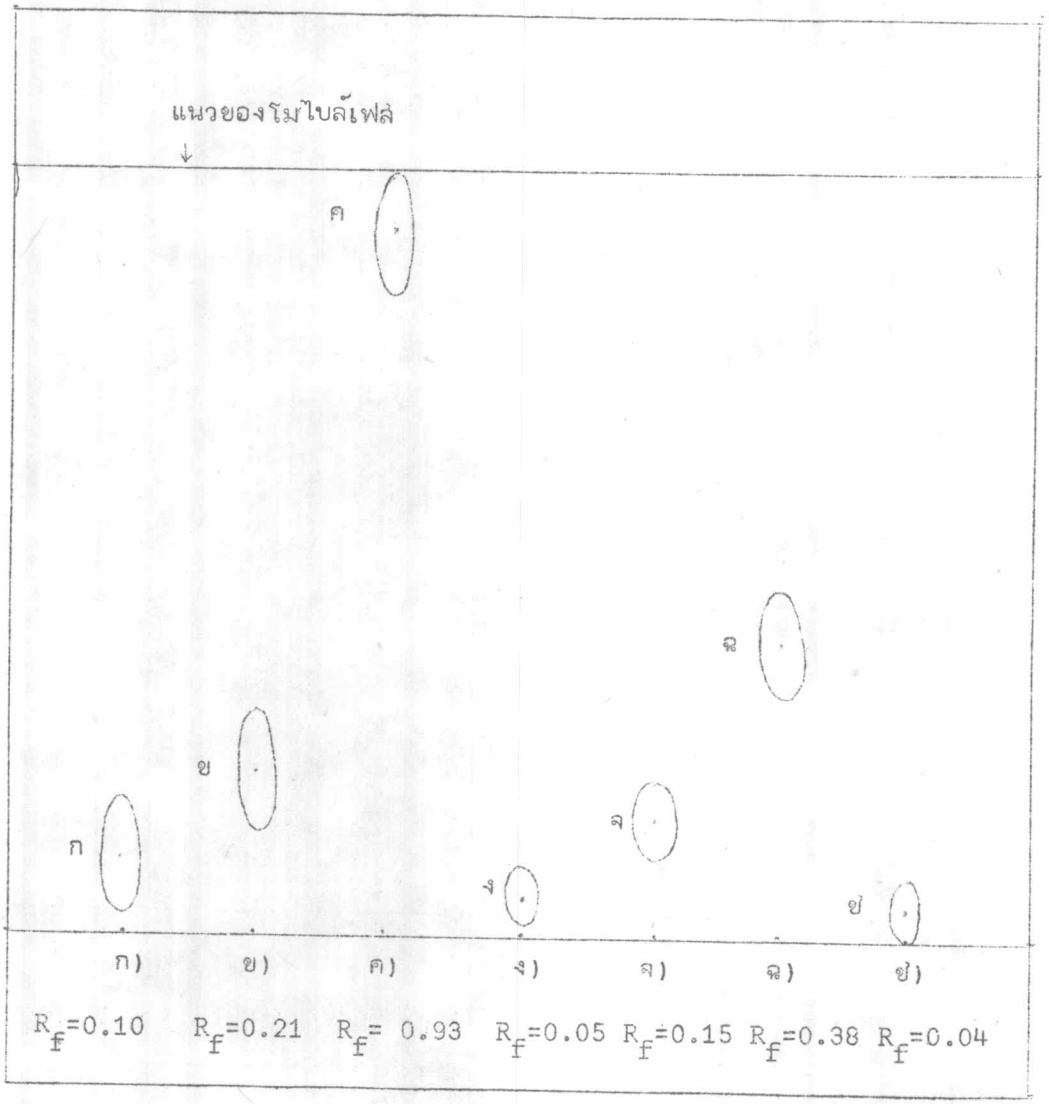
1. สีแต่ละชนิดเมื่อทำเปเปอร์โครมาโตกราฟีโดยใช้สภาวะอย่างเดียวกัน เช่น ใช้กระดาษเหมือนกัน โมไบล์เฟสเหมือนกัน ใช้เวลาทำนานเท่ากัน เป็นต้น จะได้ค่า R_f ที่คำนวนได้แตกต่างกันซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพิสูจน์ได้

2. สีชนิดเดียวกันเมื่อนำไปทดลองทำเปเปอร์โครมาโตกราฟีโดยใช้โมไบล์เฟสแตกต่างกันจะได้ค่า R_f แตกต่างกันออกไป แต่มีบางโมไบล์เฟสที่ใช้ให้ค่า R_f ใกล้เคียงกันหรือเกือบเท่ากัน เช่น เมื่อใช้โมไบล์เฟสที่ 8 และ 9 ในการทดลองกับสีบองโซ 4 อาร์

3. สีชนิดเดียวกันเมื่อใช้กระดาษสำหรับทำเปเปอร์โครมาโตกราฟีต่างกันส่วนสภาวะอย่างอื่นเหมือนกัน จะพบว่าค่า R_f ที่คำนวนได้ระหว่างการใช้กระดาษโครมาโตกราฟี และการใช้กระดาษกรองธรรมดาในโมไบล์เฟสบางชนิดมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ในโมไบล์เฟสบางชนิดค่า R_f ที่คำนวนได้จากการใช้กระดาษโครมาโตกราฟีจะมากกว่าหรือน้อยกว่าเมื่อใช้กระดาษกรอง



รูปที่ 9 แสดงโครมาโตแกรมของสี ปองโซ 4 อาร์ (ก), เอโซรูบิน (ข), เออริโทรซีน (ค) ตาร์ตราซีน (ง), ซันเซต เยลโลว์ เอฟ ซี เอฟ (จ), บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ (ฉ), อินดิโกคาร์มีน (ช), ในโมไบล์เฟสที่ 5 โดยใช้กระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1



รูปที่ 10 แสดงโครมาโตรแกรมของสี ปองโซ 4 อาร์ (ก), เอโซรูบิน (ข), เออริโทรซีน (ค), ตาร์ตราซีน (ง), ซันเซ็ต เยลโลว์ เอฟ ซี เอ็ฟ (จ) บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ (ฉ), อินดิโกคาร์มีน (ช) ในโมไบล์เฟสที่ 5 โดยใช้กระดาษกรอง

ตารางที่ 6 แสดงค่า R_f ของสีต่าง ๆ โดยใช้โมบิลเฟสทั้ง 12 ชนิด

ชื่อสี	ชนิดกระดาษ	ค่า R_f ในสารละลายหมายเลข											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ปองโซ 4 อาร์	ก	0.89	0.51	0.59	0.30	0.22	0.28	0.16	0.29	0.29	0 09	0.56	0.39
	ข	0.85	0.35	0.51	0.21	0.10	0.23	0.05	0.25	0.19	0.10	0.61	0.17
เอโซรูบิน	ก	0.62	0.10	0.66	0.49	0.43	0.28	0.36	0.29	0.59	0.28	0.18	0.05
	ข	0.68	0.07	0.53	0.53	0.21	0.22	0.11	0.31	0.42	0.33	0.25	0.03
เออริโทรซีน	ก	0.26	0.05	0.61	0.62	1.00	0.66	0.59	0.67	0.75	0.56	0.07	0.00
	ข	0.22	0.04	0.54	0.88	0.93	0.70	0.41	0.69	0.98	0.80	0.10	0.00
ตาร์ตราซีน	ก	0.91	0.31	0.51	0.25	0.18	0.18	0.08	0.16	0.15	0.04	0.70	0.39
	ข	0.93	0.31	0.41	0.23	0.05	0.16	0.03	0.06	0.10	0.04	0.80	0.28
ซันเซ็ต เย็ลโลว์	ก	0.79	0.24	0.80	0.46	0.35	0.48	0.38	0.46	0.51	0.18	0.46	0.31
เอ็ฟ ซี เอ็ฟ	ข	0.79	0.16	0.71	0.64	0.15	0.45	0.12	0.34	0.32	0.16	0.49	0.21
บริลเลียนท์ บลู	ก	0.92	0.73	0.97	0.60	0.53	0.59	0.66	0.49	0.58	0.11	0.85	0.83
เอ็ฟ ซี เอ็ฟ	ข	0.93	0.42	0.95	0.82	0.38	0.57	0.52	0.38	0.39	0.12	0.79	0.83
อินดิโกคาร์มีน	ก	0.57	0.11	0.33	0.30	0.15	0.26	0.26	0.25	0.26	0.10	0.16	0.12
	ข	0.76	0.08	0.21	0.23	0.04	0.24	0.06	0.15	0.11	0.07	0.17	0.07
ฟาส์ท กรีน	ก	0.94	0.74	0.96	0.56	0.46	0.45	0.58	0.33	0.53	0.15	0.91	0.88
เอ็ฟ ซี เอ็ฟ	ข	0.96	0.72	0.85	0.51	0.37	0.43	0.45	0.27	0.34	0.16	0.91	0.78
ไรโบฟลาวิน	ก	0.52	0.42	0.62	0.38	0.53	0.03-0.54	0.87	0.38	0.41	0.53	0.45	0.74
	ข	0.60	0.41	0.57	0.42	0.55	0.00-0.64	0.87	0.22	0.38	0.67	0.54	0.77

หมายเหตุ ก = กระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1 ข = กระดาษกรอง

4. สีต่างชนิดกันจะให้ค่า R_f ใกล้เคียงกันหรือเท่ากันได้เมื่อทดลองใช้กับโมไบล์เฟสบางชนิดนั้นเป็นการแสดงให้เห็นว่า สีเหล่านั้นไม่สามารถแยกออกจากกันได้ถ้าเลือกใช้โมไบล์เฟสชนิดนั้น ถ้าจะให้แยกได้จะต้องใช้โมไบล์เฟสชนิดอื่น

5. จากผลของการทดลองนี้จะพบว่าลักษณะของจุดแยกที่ได้จากโครมาโตแกรมโดยใช้โมบายเฟสที่ 2, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 จะให้ลักษณะของจุดแยกที่คมชัดเป็นส่วนมาก ยกเว้นสีบางชนิด อาจจะให้ลักษณะของจุดแยกเป็นทางยาวบ้าง เช่น ในการแยกสีแดง เอโซรูบิน จะให้จุดแยกเป็นทางยาวเมื่อใช้โมไบล์เฟสที่ 9 หรืออย่างอื่นที่เหลือแต่ในโมไบล์เฟสที่ 5 และ 6 จะให้จุดแยกที่คมชัดซึ่งถือว่าเป็นโมไบล์เฟสชนิดที่เหมาะสำหรับใช้แยกสีเอโซรูบิน

6. เวลาที่ใช้ในการทดลองในแต่ละโมไบล์เฟสจะแตกต่างกัน ถ้าทดลองด้วยกระดาษโครมาโตกราฟี และใช้โมไบล์เฟสที่ 1, 11 และ 12 จะใช้เวลาเร็วมากในการทำการทดลอง (ประมาณ 10-15 นาที เท่านั้น) แต่ถ้าใช้โมไบล์เฟสที่ 2, 5, 8 และ 9 จะใช้เวลาในการทำประมาณ 30-60 นาที และถ้าใช้โมไบล์เฟสที่ 3, 4, 6, 7 และ 10 จะใช้เวลาในการทำประมาณ 60-100 นาที ทั้งนี้โดยให้ถือหลักว่า สารละลายที่ใช้เป็นโมไบล์เฟสเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางเท่ากันหมด และยังพบว่าถ้าใช้กระดาษกรองจะใช้เวลาน้อยกว่า เมื่อใช้กระดาษโครมาโตกราฟีในทุกโมไบล์เฟส ทั้งนี้เพราะกระดาษโครมาโตกราฟีมีเนื้อเซลลูโลสสม่ำเสมอกันหนาแน่นกว่ากระดาษกรอง ซึ่งทางที่ดีเวลาที่ใช้ในการทดลองไม่ควรจะนานเกินไป

7. จากการทดลองนี้พบว่าในการแยกสีผสมอาหารที่ละลายน้ำควรใช้โมไบล์เฟสที่ 2, 5 และ 9 ซึ่งให้จุดแยกที่คมชัดไม่กระจายมาก ค่า R_f ของสีแต่ละชนิดก็แตกต่างกันดี แม้จะมีสีใกล้เคียงกัน เวลาที่ใช้ในการแยกก็ไม่นานนัก

4.1.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของสีผสมอาหารประเภทที่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์

สีผสมอาหารที่ต้องละลายในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ คือพวกคาโรทีนอยด์และคลอโรฟิลล์ ซึ่งในการศึกษาคุณสมบัติของสีประเภทนี้ ได้ทดลองทำโดยใช้ รีเวิร์สเฟสเปเปอร์โครมาโตกราฟี และใช้โมไบล์เฟส 2 ชนิด ตามการทดลองที่ 3.2.1.1 , 3.2.1.4 และ 3.2.1.5 พบว่าเมื่อทำโครมาโตกราฟีเสร็จจะต้องรีบวงรอบจุดแยก มิฉะนั้นสีที่แยกออกมาได้ออกถูกออกซิไดส์ด้วยแสงทำให้มองหาจุดแยกไม่พบ ผลการทดลองนี้ค่า R_f แสดงอยู่ในตารางที่ 7 ซึ่งจะเห็นว่า ปริมาณของ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 แสดงค่า R_f ของสีผสมอาหารที่ละลายในสารอินทรีย์โดยใช้โมบายล์เฟส .2 ชนิด

ชื่อสี	ชนิดกระดาษ	ปริมาณน้ำมันพาราฟิน (%)	ค่า R_f ในสารละลาย	
			90% เมทานอล	90 % เอทานอล
เบตา-คาโรทีน	ก	1	0.00	0.02
	ข	1	0.00	0.03
	ก	5	0.00	0.02
	ข	5	0.00	0.02
	ก	10	0.00	0.02
	ข	10	0.00	0.02
เบตา-อะโป-	ก	1	0.20	0.82
8'-คาโรทีนาล	ข	1	0.20	1.00
	ก	5	0.08	0.29
	ข	5	0.09	0.37
	ก	10	0.03	0.15
	ข	10	0.05	0.20

หมายเหตุ ก. คือ กระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1

ข. คือ กระดาษกรอง

ตารางที่ 7 (ต่อ

ชื่อสี	ชนิดกระดาษ	ปริมาณน้ำมันพาราฟิน (%)	ค่า R_f ในสารละลาย	
			90 % เมทานอล	90% เอทานอล
แคนทาแซ่นทีน	ก	1	0.57	0.97
	ข	1	0.55	0.95
	ก	5	0.25	0.64
	ข	5	0.26	0.71
	ก	10	0.09	0.45
	ข	10	0.10	0.50
คลอโรฟิลล์	ก	1	0-0.90	1.00
	ข	1	0-0.84	1.00
	ก	5	0-0.70	0.88
	ข	5	0-0.58	0.85
	ก	10	0-0.80	0.65
	ข	10	0-1.00	0.70

น้ำมันพาราฟินที่ใช้เคลือบเซลลูโลส์ซึ่งเป็นส์เตชันนารีเฟส์ ถ้าใช้น้ำมันพาราฟินน้อยจะทำให้การทดลองในโมไบล์เฟส์ทั้งส่องชนิดให้ค่า R_f สูงกว่า กรณีที่ใช้ปริมาณน้ำมันพาราฟินมาก ๆ อย่างไรก็ตามโมไบล์เฟส์ทั้งส่องก็สามารถแยกพวกคาโรทีนอยด์ออกจากกันได้ดี แม้จะมีโครงส์ร้างและสีคล้ายคลึงกัน ส่วนผลของการศึกษาคลอโรฟิลล์นั้นก็ให้ผลดีเมื่อใช้ 90 % เอทานอล (โดยปริมาตร) เป็นโมบายเฟส์ และได้จุดแยกที่ไม่มีทางยาว

เมื่อพิจารณาถึงกระดาษที่ใช้ทั้งส่องชนิดนั้น ปรากฏว่าส่วนใหญ่ไม่แตกต่างมากนัก เวลาที่ใช้ในการทดลองนั้นถ้าใช้กระดาษโครมาโตกราฟีเบอร์ 1 จะใช้เวลาประมาณ 30-60 นาที แต่เมื่อใช้กับกระดาษกรองธรรมดาจะใช้เวลาประมาณ 20-45 นาที

ฉะนั้นในการศึกษาแยกสีผสมอาหารที่ละลายในส์ารอินทรีย์ให้ใช้วิธีรีเวิร์สเฟส์เปเปอร์โครมาโตกราฟีโดยส์เตชันนารีเฟส์ มีน้ำมันพาราฟินขัน 1 % (โดยปริมาตร) เพราะให้ค่า R_f สูง ผลของการคำนวนก็จะถูกต้องขึ้น

4.1.3 ผลการศึกษาหาส์ภาวะที่เหมาะส์มในการแยกสีผสมอาหารซึ่งละลายน้ำที่ผสมกันอยู่ 2 ชนิด

จากการนำสีเดี่ยวมาผสมกัน 2 ชนิด ให้ออกมาเป็นสีใหม่ คือ เป็นสีม่วง 6 ชนิด สีส้ม 3 ชนิด และสีเขียว 2 ชนิด เป็นส์ารตัวอย่างเพื่อศึกษาหาโมไบล์เฟส์ที่เหมาะส์มในการที่จะแยกสีออกมาใช้หาค่า R_f สำหรับการตรวจส์อบต่อไปโดยทดลองใช้โมไบล์เฟส์ทั้ง 12 ชนิด และทำโครมาโตกราฟีบนกระดาษโครมาโตกราฟีเบอร์ 1 และการดาษกรองธรรมดาตามข้อ 3.2.1.1, 3.2.1.2 และ 3.2.1.5 ค่า R_f ที่คำนวนได้ของสีแต่ละชนิด แส์ดงอยู่ในตารางที่ 8 แต่ถ้าสีที่ผสมกันไม่ส์ามารถแยกออกจากกันได้ชัดเจน การหาค่า R_f ก็จะหาไม่ได้จึงได้ทำเครื่องหมาย (-) ไว้

จากผลของการทดลองซึ่งรวบรวมมาไว้ในตารางที่ 8 จะเห็นว่า สีที่ผสมกันบางคู่ส์ามารถแยกออกจากกันได้ดีบ้างไม่ดีบ้างหรือแยกไม่ได้บ้างในบางโมไบล์เฟส์ แต่จะเห็นว่า สำหรับสีม่วงเบอร์ 1 ซึ่งผสมระหว่าง ปองโซ 4 อาร์ กับ บรีลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ ส์ามารถแยกจากกันได้เมื่อใช้โมไบล์เฟส์ทั้ง 12 ชนิด โดยทดลองด้วยกระดาษโครมาโตกราฟีเบอร์ 1 แต่ถ้าใช้กระดาษกรองธรรมดา พบว่าเมื่อใช้โมบายเฟส์ที่ 1, 2 และ 10 สี 2 ตัวนี้ไม่อาจแยกจากกันได้

ตารางที่ 8 แสดงค่า R_f ของสีผสมอาหาร 2 สีผสมกัน โดยใช้โมโบล์เฟสทั้ง 12 ชนิด

ชื่อสี	ชนิดกระดาษ	ค่า R_f ในสารละลาย หมายเลข											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
สีม่วงเบอร์ 1													
บริลเลียนท์ บลู													
เอฟ ซี เอฟ	ก	0.91	0.69	0.95	0.69	0.50	0.58	0.62	0.47	0.52	0.10	0.79	0.82
ปองโซ 4 อาร์		0.87	0.50	0.57	0.29	0.20	0.26	0.14	0.26	0.25	0.05	0.52	0.30
บริลเลียนท์ บลู													
เอฟ ซี เอฟ	ข	-	-	0.91	0.80	0.40	0.55	0.51	0.39	0.36	-	0.77	0.80
ปองโซ 4 อาร์		-	-	0.49	0.20	0.03	0.21	0.05	0.20	0.18	-	0.59	0.13
สีม่วงเบอร์ 2													
บริลเลียนท์ บลู													
เอฟ ซี เอฟ	ก	0.90	0.69	0.96	-	-	0.58	0.61	0.48	0.49	0.10	0.74	0.83
เอโซรูบิน		0.60	0.08	0.65	-	-	0.43	0.33	0.29	0.58	0.28	0.17	0.04
บริลเลียนท์ บลู													
เอฟ ซี เอฟ	ข	0.92	0.70	0.90	-	-	0.54	0.51	0.36	-	0.11	0.75	0.84
เอโซรูบิน		0.57	0.04	0.52	-	-	0.20	0.10	0.30	-	0.32	0.23	0.03

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ชื่อสี	ชนิดกระดาษ	ค่า R_f ในสารละลายหมายเลข											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
สีม่วงเบอร์ 3													
บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ	ก	0.93	0.70	0.97	-	0.52	-	-	0.48	0.53	0.10	0.80	0.82
เออริโทรซีน		0.25	0.04	0.55	-	0.90	-	-	0.66	0.70	0.50	0.03	0.00
บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ	ข	0.92	0.36	0.90	0.56	0.30	-	-	0.35	0.38	0.11	0.74	0.83
เออริโทรซีน		0.21	0.03	0.49	0.83	0.89	-	-	0.68	0.90	0.79	0.05	0.00
สีม่วงเบอร์ 4													
อินดิโกคาร์มีน	ก	0.50	0.11	0.32	-	-	-	-	-	-	-	0.12	0.12
ปองโซ 4 อาร์		0.78	0.49	0.58	-	-	-	-	-	-	-	0.35	0.38
อินดิโกคาร์มีน	ข	0.57	0.08	0.20	-	-	-	-	-	-	-	0.13	0.07
ปองโซ 4 อาร์		0.85	0.35	0.50	-	-	-	-	-	-	-	0.55	0.16
สีม่วงเบอร์ 5													
อินดิโกคาร์มีน	ก	-	-	-	0.29	-	-	0.20	-	0.26	0.10	-	0.13
เอโซรูบิน		-	-	-	0.50	-	-	0.31	-	0.58	0.27	-	0.04

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ชื่อสี	ชนิดกระดาษ	ค่า R_f ในสารละลายหมายเลข											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
อินดิโกคาร์มีน	ข	-	-	-	0.20	-	-	-	-	0.10	0.06	-	-
เอโซรูบิน		-	-	-	0.52	-	-	-	-	0.40	0.32	-	-
สีม่วงเบอร์ 6													
อินดิโคคาร์มีน	ก	0.55	0.12	0.30	0.30	0.10	0.25	0.23	0.26	0.25	0.10	-	0.12
เออริโทรซีน		0.20	0.04	0.60	0.65	1.00	0.60	0.55	0.68	0.74	0.52	-	0.00
อินดิโกคาร์มีน	ข	0.70	0.07	0.20	0.20	0.05	0.22	0.06	0.14	0.11	0.06	-	0.08
เออริโทรซีน		0.20	0.03	0.53	0.77	0.90	0.68	0.39	0.68	0.95	0.80	-	0.00
สีส้มเบอร์ 1													
ตาร์ตราซีน	ก	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.11	0.05	0.63	-
ปองโซ 4 อาร์		-	-	-	-	-	-	-	0.30	0.25	0.10	0.53	-
ตาร์ตราซีน	ข	-	-	-	-	-	-	-	0.05	-	0.04	0.79	-
ปองโซ 4 อาร์		-	-	-	-	-	-	-	0.24	-	0.09	0.60	-
สีส้มเบอร์ 2													
ตาร์ตราซีน	ก	0.92	0.30	-	0.22	0.18	0.18	0.09	0.14	0.11	0.04	0.70	0.35
เอโซรูบิน		0.62	0.08	-	0.45	0.42	0.27	0.32	0.29	0.60	0.25	0.18	0.05

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ชื่อสี	ชนิดกระดาษ	ค่า R_f ในสารละลายหมายเลข											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ตารัตราซีน	ข	0.91	0.29	-	0.20	0.04	0.06	0.03	0.06	0.10	0.05	0.75	0.27
เอโซรูบิน		0.59	0.05	-	0.50	0.21	0.22	0.11	0.30	0.41	0.31	0.24	0.03
สีส้มเบอร์ 3													
ตารัตราซีน	ก	0.85	0.31	-	0.23	0.17	0.17	0.07	0.16	0.13	0.04	0.70	0.39
เออริโทรซีน		0.25	0.04	-	0.61	1.00	0.65	0.53	0.64	0.73	0.55	0.03	0.00
ตารัตราซีน	ข	0.93	0.29	-	0.21	0.04	0.19	0.03	0.05	0.10	0.05	0.75	0.28
เออริโทรซีน		0.19	0.03	-	0.72	0.90	0.68	0.40	0.68	0.96	0.80	0.09	0.00
สีเขียวเบอร์ 1													
ตารัตราซีน	ก	-	0.31	0.52	0.24	0.17	0.16	0.05	0.16	0.12	0.04	0.69	0.33
บริลเลียนท์ บลู													
เอฟ ซี เอฟ		-	0.72	0.98	0.60	0.53	0.59	0.65	0.50	0.60	0.19	0.83	0.84
ตารัตราซีน	ข	-	0.30	0.40	0.22	0.05	0.15	0.03	0.05	0.11	0.05	0.80	0.27
บริลเลียนท์ บลู													
เอฟ ซี เอฟ		-	0.42	0.91	0.80	0.37	0.55	0.52	0.35	0.36	0.11	0.78	0.83

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ชื่อสี	ชนิดกระดาษ	ค่า R_f ในลำรละลายหมายเลข											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
สีเขียวเบอร์ 2													
ตาร์ตราซีน	ก	0.90	0.31	0.50	-	-	-	0.05	-	0.12	0.04	0.70	0.37
อินดิโกคาร์มีน		0.53	0.10	0.30	-	-	-	0.26	-	0.26	0.13	0.15	0.11
ตาร์ตราซีน	ข	0.92	0.30	0.40	-	-	-	-	-	-	-	0.79	0.28
อินดิโกคาร์มีน		0.72	0.07	0.20	-	-	-	-	-	-	-	0.18	0.05

หมายเหตุ ช่องว่างที่ทำเครื่องหมาย (-) หมายถึง โครมาโตรแกรมซ้อนกัน บางครั้งแยกจากกันไม่หมด จึงไม่อาจคำนวนค่า R_f ของสีแต่ละตัวได้

นอกจากนี้จะเห็นว่าสีม่วงบางชนิดเมื่อทดลองกับโมโบล์เฟสทั้ง 12 ชนิดแล้วปรากฏว่ามีโมโบล์เฟสเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถแยกคู่ของสีได้ เช่น สีม่วงเบอร์ 4 และเบอร์ 5

กรณี**การแยกสีส้ม** สีส้มเบอร์1เมื่อทดลองด้วยกระดาษโครมาโตกราฟีเบอร์ 1 จะเห็นว่า มีโมบายเฟสเพียง 4 ชนิด คือ โมโบล์เฟสที่ 8, 9, 10 และ 11 ที่สามารถแยกสีตาร์ตราซีนกับปองโซ 4 อาร์ ส่วนโมโบล์เฟสอื่น ๆ ที่เหลือ ไม่อาจแยกสีผสมนี้ได้เลย และเมื่อใช้กระดาษกรองทดลองก็พบว่าได้ผลเช่นเดียวกันแต่โมโบล์เฟสที่ 9 ไม่อาจแยกสีออกจากกันได้ สีส้มเบอร์ 2 และ 3 สามารถแยกได้โดยโมโบล์เฟสเกือบทั้ง 12 ชนิด ยกเว้นโมโบล์เฟสที่ 3 ซึ่งไม่เหมาะสมในการแยกสีส้ม 2 ชนิดนี้

ในการทดลองแยกสีเขียวทั้ง 2 ชนิด จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 8 จะเห็นว่า การแยกระหว่างตาร์ตราซีนและบริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ สามารถใช้โมโบล์เฟสตั้งแต่ชนิดที่ 2-12 ในการแยกระหว่าง 2 สีนี้ได้ยกเว้นโมโบล์เฟสที่ 1 เพียงอันเดียวที่ใช้ไม่ได้ และสีเขียวที่เกิดจากตาร์ตราซีนกับอินดิโกคาร์มีนผสมกันมี โมโบล์เฟสไม่กี่ชนิดที่สามารถแยกได้

นอกจากนี้ถ้าจะพิจารณาเปรียบเทียบค่า R_f ของ**สีแต่ละชนิด (จากตารางที่ 8)** ที่คำนวนได้จากการทดลองที่ใช้สีผสมกันกับค่า R_f ของสีเพียงอย่างเดียว (ในตารางที่ 6) จะพบว่าค่า R_f ของสีที่ได้จากสีผสมแต่ละชนิดต่ำลงจากค่า R_f ของสีเดิมเพียงอย่างเดียวบ้างเล็กน้อย ทั้งนี้เพราะอาจจะมีการเกิด interaction กันระหว่างสีได้ทำให้การเคลื่อนที่ของสีแต่ละชนิดช้าลงกว่าเดิมเล็กน้อย การที่สีเกิดinteraction กันได้นั้นคงเนื่องมาจากพังชันนัลกรุปของสีเกิด interaction กัน

ดังนั้นจากผลการศึกษาเรื่องนี้ทำให้เห็นว่า โมโบล์เฟสที่เหมาะสมในการแยกคู่ของสีที่ผสมกันนั้นอาจแตกต่างกันแม้จะมีสีใกล้เคียงกันก็ตาม นั่นคือในการพิจารณาเลือกชนิดของโมโบล์เฟสที่ควรใช้ในการแยกสีผสมระหว่าง 2 สี ในตาราง สีที่จะแยกออกจากกันได้ดีนั้นค่า R_f ของสีแต่ละชนิดในโมโบล์เฟสนั้นควรห่างกันมาก ๆ ถ้าค่า R_f ในโมโบล์เฟสนั้นใกล้เคียงกันมากการแยกระหว่างสีคู่นั้นก็ทำได้ไม่ดีนัก จากตารางที่ 8 จะเห็นว่า การทดลองในโมโบล์เฟสบางชนิดนั้นไม่อาจคำนวณหาค่า R_f ของสีแต่ละชนิดได้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเป็นเพราะจุดแยกที่ได้ของแต่ละสีชนิดซ้อนกัน และบางครั้งก็แยกจากกันได้ไม่หมด ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าโมโบล์เฟสชนิดนั้น ๆ ไม่

ไม่เหมาะสมในการแยกสีเลยเพราะว่ากรณีที่เราต้องการวิเคราะห์สีว่าเป็นสีเดียวหรือสีผสมจะทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดได้ การที่เราจะบอกชนิดของสีในสีที่ผสมนั้นเราต้องพิจารณาเลือกโมบายล์เฟสอย่างน้อย 2 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลให้แน่นอนถูกต้อง ดังนั้นในการวิเคราะห์สีในสารตัวอย่างถ้าพบว่าสีที่แยกมาได้เป็นสีที่คล้ายคลึงกับสีใด (โดยเทียบ) ตามตารางที่ 6 ถ้าเห็นว่าเป็นสีผสมระหว่างสี 2 ชนิด ก็ต้องมาพิจารณาเลือกโมบายล์เฟสที่เหมาะสมเพื่อดูว่าสีผสม 2 สีนั้นมีสีใดประกอบอยู่บ้างตามตารางที่ 8

4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงในช่วงวิสิเบิลของสีผสมอาหาร

4.2.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของสีผสมอาหารที่ละลายน้ำได้เพียงชนิดเดียว

จากการนำสารละลายสีที่เตรียมได้ในข้อ 3.2.2.3 ก. ไปศึกษาการดูดกลืนแสงตามการทดลองข้อ 3.2.2.4 บันทึกสเปกตรัมของสารละลายสี แต่ละ pH ลงในช่วงเดียวกันเพื่อดูผลของการเปลี่ยนแปลง pH ที่มีต่อการดูดกลืนแสงดังแสดงในตาราง ที่ 9 และได้แอบซอบซันสเปกตราของสีแต่ละชนิดดังแสดงอยู่ในรูปที่ 11-19

จากตารางที่ 9 จะเห็นว่าสารละลายของสีแต่ละชนิดให้แอบซอบซันสเปกตราแตกต่างกันซึ่งต่างกันทั้งในรูปร่างของสเปกตราและความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดอันเป็นลักษณะเฉพาะของสีแต่ละชนิดซึ่งมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างของสี การที่ได้ทดลองเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายจาก pH 1-13 จะเห็นว่าสีส่วนใหญ่มักจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่า absorbance ส่วนเรื่องลักษณะแอบซอบซันสเปกตราก็จะมีเปลี่ยนแปลงไปบ้าง ซึ่งการศึกษานี้ก็จะมีส่วนช่วยในการตรวจสอบชนิดของสีได้อีกด้วย

<u>กรณีสีปองโซ 4 อาร์</u> จะเห็นว่าแอบซอบซันสเปกตราในสารละลายของสีที่ pH ~ 1-11 จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด คือ λ max จะคงที่ ๆ ความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร แต่ที่ pH ~ 13 จะเกิดการเปลี่ยนแปลง λ max อย่างเห็นได้ชัดคือ λ max เปลี่ยนไปอยู่ที่ความยาวคลื่น 435 นาโนเมตร และ pH ~ 1-11 จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าของ absorbance บ้างเล็กน้อยและที่ pH ~ 3 จะให้ค่า absorbanceสูงที่สุด ดังนั้นถ้าพิจารณาเลือก pH ที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สีปองโซ 4 อาร์ควรเลือกวัดค่า absorbance

ที่ pH ∿ 3 ซึ่งจะให้ sensitivity ดีที่สุดในการวิเคราะห์

<u>สีเอโซรูบิน</u> ถ้าพิจารณาจากตารางที่ 9 และสเปกตรารูปที่ 12 จะเห็นว่า ถ้าสารละลายของสีนี้มี pH ∿ 1-7 จะให้ λ max ที่ 512.5 นาโนเมตร และจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยน λ max ไปเป็น 500 นาโนเมตร ที่ pH 9 ∿ 13 ส่วน pH ของสารละลายสีที่ให้ค่า absorbance สูงที่สุดในที่นี้ คือ ที่ pH ∿ 3

<u>สีเออริโทรซีน</u> พิจารณาจากตารางที่ 9 และสเปกตรารูปที่ 13 จะเห็นว่าที่ pH ∿ 1 จะให้ค่า λ max ที่ 495 นาโนเมตร และที่ pH ∿ 3 จะเปลี่ยนความยาวคลื่นไปเป็นที่ 530 นาโนเมตร ส่วนสารละลายของสีที่ pH ∿ 5-13 จะเกิดการเปลี่ยนแปลง λ max นี้ไปที่ 523 นาโนเมตร และในสารละลายสี pH ∿ 7 จะให้ค่า absorbance สูงที่สุด

<u>สีตาร์ตราซีน</u> จากแอบซอบชันสเปกตรารูปที่ 14 จะสังเกตเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนแสงได้มากที่สุด 4 ครั้ง คือ ระหว่าง pH ∿ 1-7 จะมี λ max อยู่ที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร ที่สารละลายสี pH ∿ 9 จะมี λ max อยู่ที่ 413 นาโนเมตร และที่ pH ∿11 และ ∿ 13 จะเห็นว่าสีมีความสามารถดูดกลืนแสงมากที่สุดเปลี่ยนไปที่ 405 นาโนเมตร และ 395 นาโนเมตร ตามลำดับ พอจะสรุปได้ว่า สีตาร์ตราซีนนี้ในสารละลายที่เป็นกรดถึงด่างจะเกิดการดูดกลืนแสงได้มากที่สุด shift มาทางเกือบถึงย่วงแสงอุลตราไวโอเลต และเห็นการเปลี่ยนแปลงค่า absorbance ได้อย่างชัดเจน โดยที่ pH ∿ 7 เป็น pH ที่สีให้ค่า absorbance สูงที่สุด

<u>สีซันเซต เยลโลว์ เอฟ ซี เอฟ</u> พิจารณาจากแอบซอบชันสเปกตรารูปที่ 15 และจากตารางที่ 9 จะเห็นว่า ในสารละลายสี pH ∿ 1-9 จะให้ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้มากที่สุดที่ 478 นาโนเมตร ที่ pH ∿ 11 จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดไปที่ 475 นาโนเมตร และที่ pH ∿ 13 จะเปลี่ยนไปที่ 440 นาโนเมตร การเปลี่ยนค่า absorbance จะเห็นว่า ที่ pH ∿ 1 จะให้ค่า absorbance สูงที่สุด ค่า absorbance ของสารละลายสีที่ pH5 และ 9 จะมีค่าใกล้เคียงกันมากจนซ้อนทับกัน

<u>สีบริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ</u> พิจารณาจากตารางที่ 9 จะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของสารละลายสีไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ดี คือจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 628 นาโนเมตร แต่มีการเปลี่ยนแปลงค่า absorbance เกือบทุก pH

สำหรับที่ pH 3 และ 5 ให้ค่า absorbance ใกล้เคียงกันมาก แต่อย่างไรก็ตามที่ pH 9 เป็น pH ที่สีให้ค่า absorbanceมากที่สุด จากลักษณะสเปกตราจะเห็นได้ว่า สี บริลเลียนท์ บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ เป็นสีที่ดีมากที่สุดสีหนึ่งเพราะคงทนต่อการเป็นกรดด่างได้ดีมาก ฉะนั้นการนำไปใช้จึงไม่มีอุปสรรคใดมากนักเกี่ยวกับ pH

สีอินดิโกคาร์มีน จากตารางที่ 9 จะเห็นว่า มีการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้สองช่วง คือ ที่ pH ∿ 1-3 จะให้ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ดีที่ 610 นาโนเมตร และระหว่าง pH ∿ 5-11 จะเปลี่ยนความยาวคลื่นไปที่ 605 นาโนเมตร ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย และค่า absorbance ก็ใกล้เคียงกันมาก ตั้งแต่ pH ∿ 1-11 แต่ pH ∿ 9 จะให้ค่า absorbance ที่สูงที่สุด ส่วนที่ pH ∿ 13 จะเกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ดีไปเกือบถึงช่วงอุลตราไวโอเลต

สี ฟาสท์ กรีน เอฟ ซี เอฟ จากตารางที่ 9 และแอบซอบชันสเปกตรา รูปที่ 18 จะเห็นว่าในการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายสี จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้สองครั้ง คือ ที่ pH ∿ 1-7 จะให้ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ดีที่ 623 นาโนเมตร และระหว่าง pH ∿ 9-13 จะเปลี่ยนไปที่ 605 นาโนเมตร สำหรับการเปลี่ยนแปลงค่า absorbance จะเห็นได้ชัดเจนในทุก pH โดยที่ pH ∿ 5 จะเป็น pH ที่สีให้ค่า absorbance มากที่สุด สีฟาสท์ กรีน เอฟ ซี เอฟ มีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับสีบริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ มาก แต่แตกต่างกันที่ฟังชันนัลกรุป คือ ฟาสท์ กรีน เอฟ ซี เอฟ จะมี ไฮดรอกซิล กรุป เพิ่มขึ้นมา 1 กรุป แต่บริลเลียนท์ บลู ไม่มี จึงทำให้เห็นได้ชัดว่า แม้สีจะมีโครงสร้างคล้ายคลึงกันมาก แต่ฟังชันนัลกรุปต่างกันเพียงเล็กน้อย ก็ทำให้คุณสมบัติการดูดกลืนแสงแตกต่างกัน ถ้าดูสเปกตราของสีทั้งสองเทียบกันจะเห็นว่า สีฟาสท์ กรีน เอฟ ซี เอฟ ไม่คงทนต่อการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายสีได้ดีเท่ากับสีบริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ

สีตัวสุดท้าย คือ ไรโบฟลาวิน ซึ่งเป็นวิตามินบี 2 มีสีเหลือง ปกติละลายน้ำได้เล็กน้อย แต่ละลายได้ดีในสารละลายกรดหรือด่าง ดังนั้นในการทดลองนี้ สารละลายตั้งต้น (stock solution) ของไรโบฟลาวิน มีฤทธิ์เป็นกรด เมื่อนำไปเตรียมสารละลายทดลองจริง ๆ

ตามที่อธิบายในข้อ 3.2.2.3 ก. พบว่า สารละลายบัฟเฟอร์ pH ~ 1, 7 และ 13 เท่านั้นที่มีประสิทธิภาพในการควบคุม pH ของสีได้ ส่วนบัฟเฟอร์ pH อื่น ๆ เมื่อทดลองเตรียมแล้ววัดค่า pH ปรากฏว่าผิดไปจาก pH ของบัฟเฟอร์ที่เตรียมมาก จึงได้บันทึกสเปกตรัมของสารละลายสีที่ pH 1, 7 และ 13 ดังแสดงในแอบซอบชันสเปกตรารูปที่ 19 แสดงให้เห็นว่า ในสารละลายกรด pH 1 และ 7 ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ดีเลย แต่ในสารละลาย pH 13 มีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 345 นาโนเมตร และมีค่า absorbance ในสารละลายต่างนี้ใกล้เคียงกันทั้ง 2 ความยาวคลื่น สำหรับการเลือก pH ที่เหมาะสมของการวิเคราะห์ไรโบฟลาวินควรเลือก pH 7 หรือค่อนมาทาง pH ที่เป็นกรด

จากผลการศึกษาคุณสมบัติของสีผสมอาหารประเภทนี้ พอจะสรุป pH ที่เหมาะสมไว้ในตารางที่ 10 เพื่อสะดวกในการเลือกวิเคราะห์สีแต่ละตัวในสารตัวอย่าง

ตารางที่ 9 แสดงการเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสง (ความยาวคลื่น)ของสีผสมอาหารประเภทที่ละลายน้ำได้เพียงชนิดเดียวเมื่อ pH เปลี่ยนแปลง

สี	pH	ความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด (นาโนเมตร)	แอบซอบชันสเปกตราที่
ปองโซ 4 อาร์	1.30	505	11
	3.30	505	
	5.15	505	
	7.05	505	
	9.05	505	
	10.90	505	
	12.50	435	
เอโซรูบิน	1.30	512.5	12
	3.20	512.5	
	5.10	512.5	
	7.00	512.5	
	9.00	500	
	10.80	500	
	12.40	500	
เออริโทรซีน	1.40	495	13
	3.10	530	
	5.00	523	
	7.00	523	
	9.00	523	
	10.80	523	
	12.35	523	
	7.00	523	

ตารางที่ 9 (ต่อ)

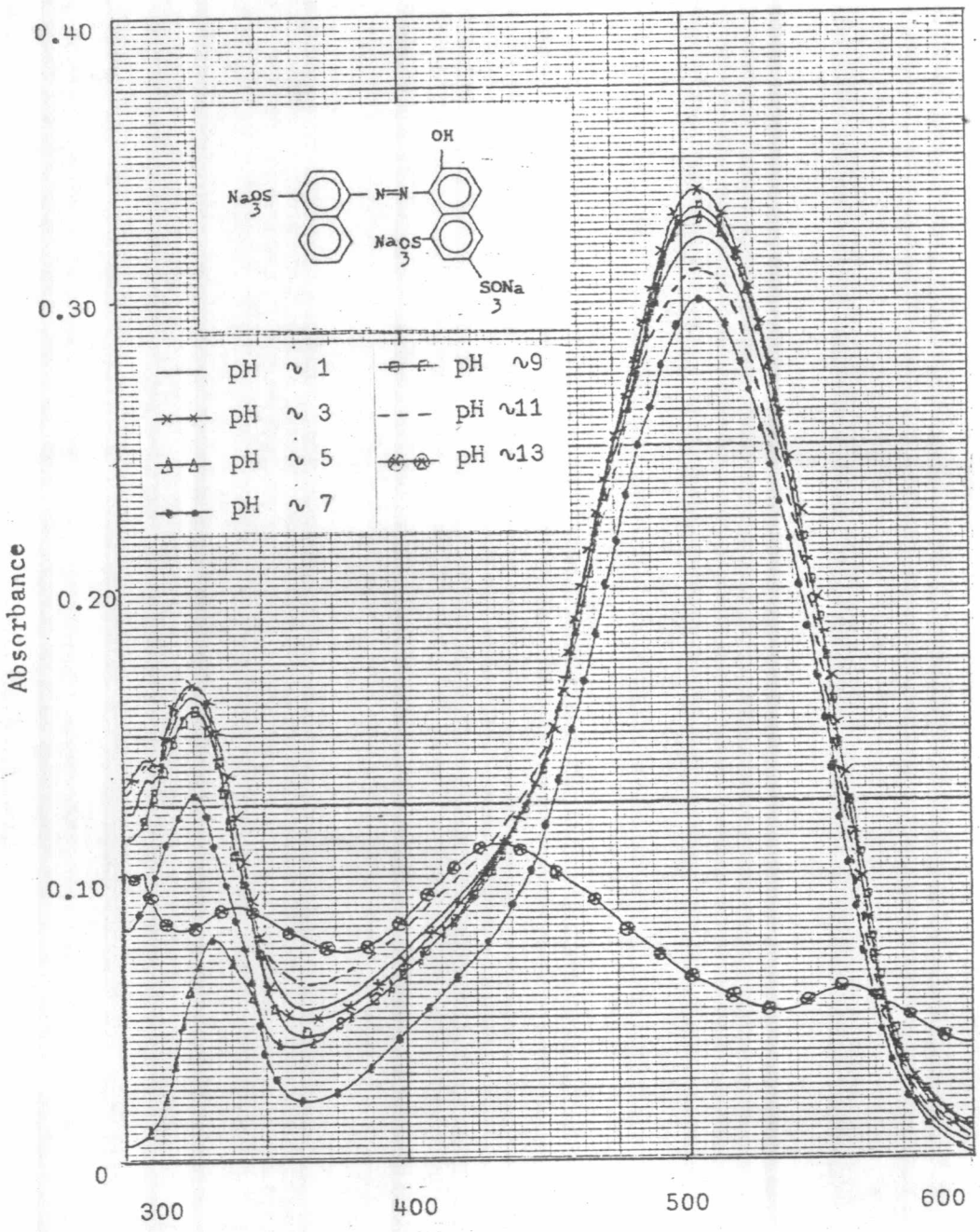
สี	pH	ความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนแล่งได้ดีที่สุด (นาโนเมตร)	แอบซอบชันสเปกตรา รูปที่
ตารัตราซีน	1.30 3.05 5.05 7.00 9.00 10.90 12.35	425 425 425 425 413 405 395	14
ซันเซต เยลโลว์ เอฟ ซี เอฟ	1.35 3.00 5.05 7.00 9.00 10.80 12.20	478 478 478 478 478 475 440	15
บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ	1.35 3.20 5.05 7.05 9.00 10.75 12.30	628 628 628 628 628 628 628	16

ตารางที่ 9 (ต่อ)

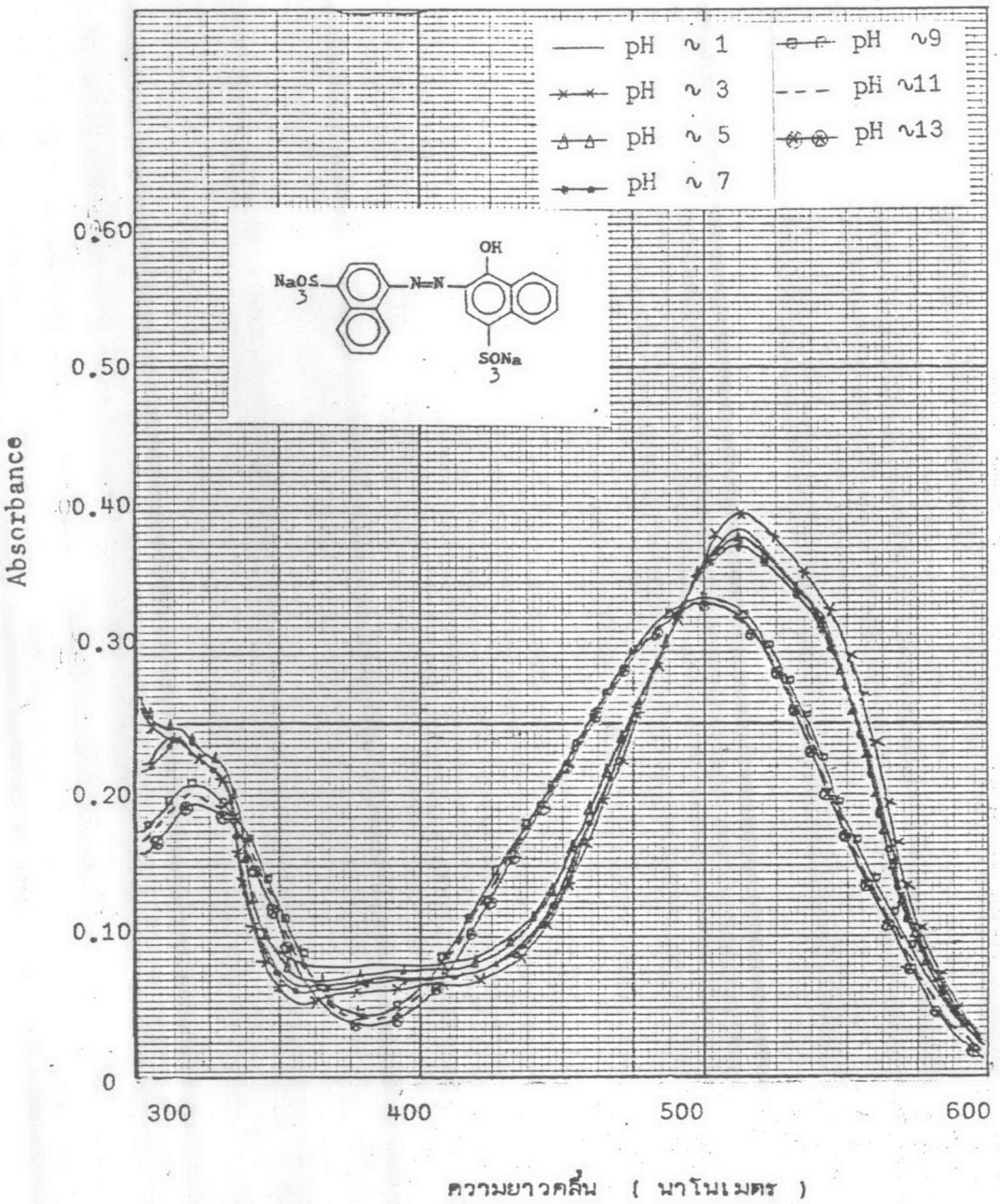
สี	pH	ความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนแล่งได้ดีที่สุด (นาโนเมตร)	แอบซอบชันส่เปกตรา รูปที่
อินดิโกคาร์มีน	1.30 3.15 5.05 7.10 9.00 10.80 12.50	610 610 605 605 605 605 385	17
ฟาส์ท กรีน เอฟ ซี เอฟ	1.30 3.00 5.05 7.00 9.10 10.90 12.45	623 623 623 623 605 605 605	18
ไรโบฟลาวิน	1.40 7.05 12.05	440, 370 440, 370 440, 345	19

หมายเหตุ สัญญลักษณ์ แล่ดงในแอบซอบชันส่เปกตรา ที่แทนในแต่ละส่เปกตรัมมีดังนี้

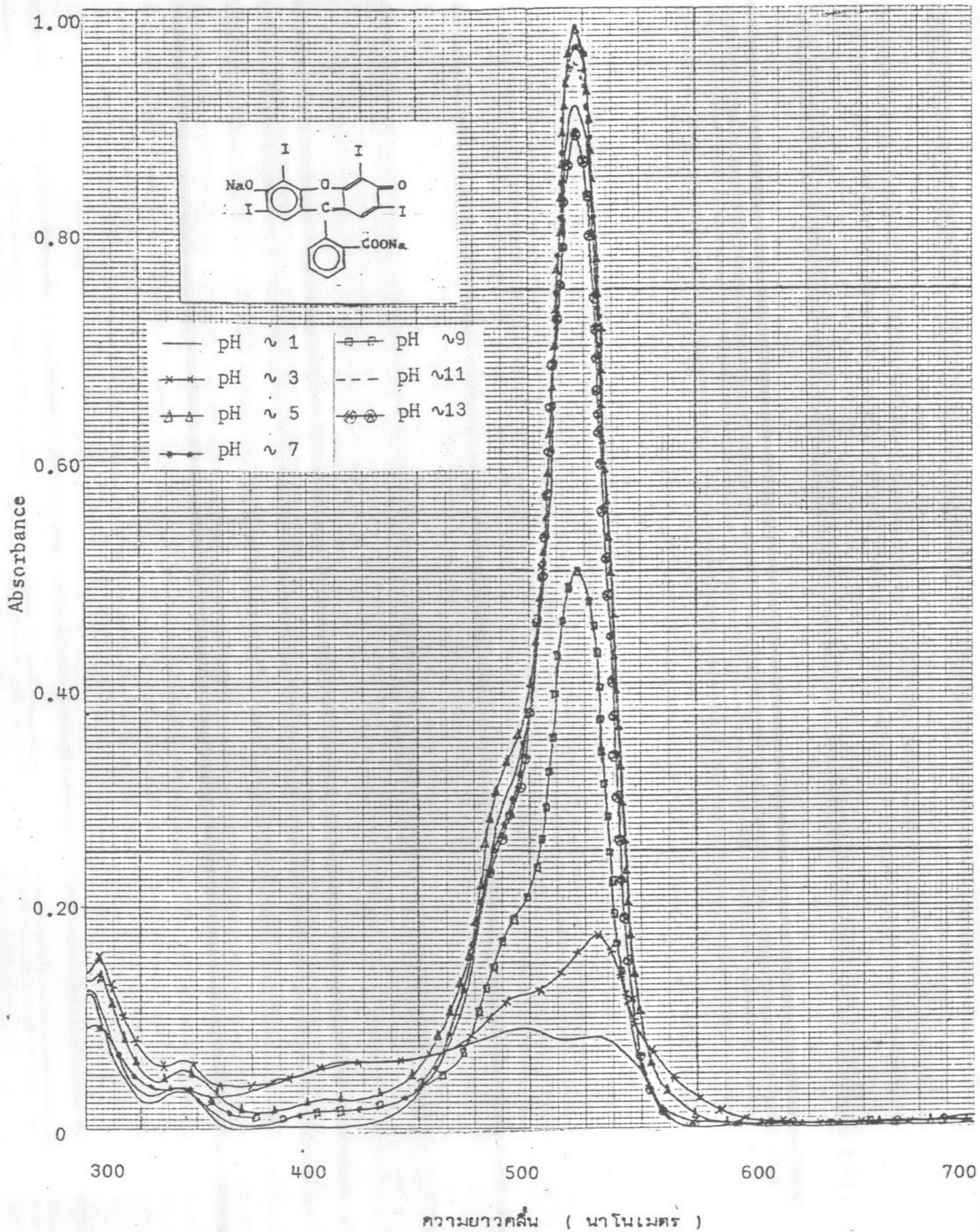
—— pH ประ 1
-x-x- pH ∿ 3
-Δ-Δ- pH ∿ 5
-•-• pH ∿ 7
-o-o- pH ∿9
--- pH ∿11
-⊗-⊗- pH ∿13



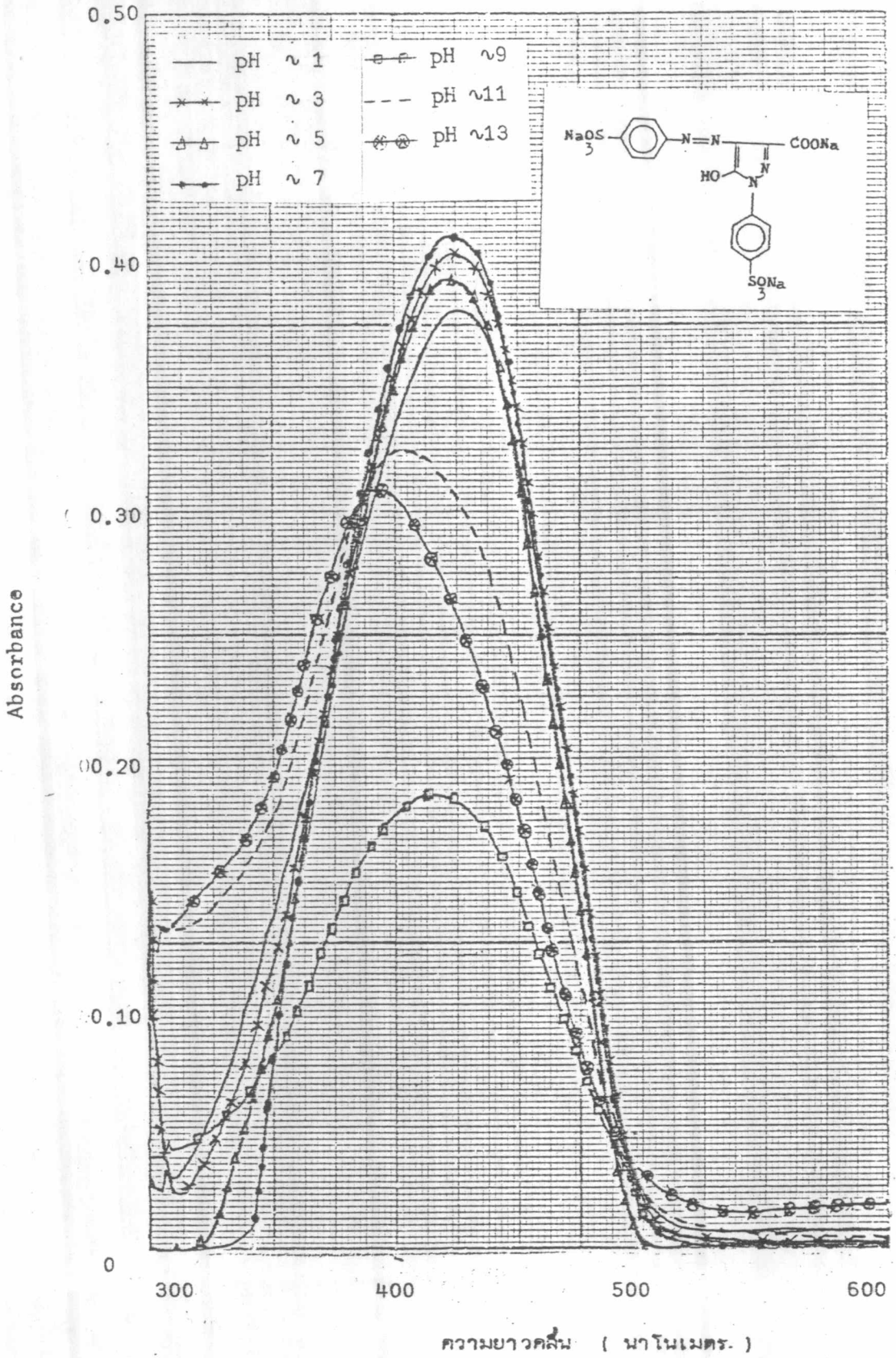
รูปที่ 11 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของ สีปองโซ 4 อาร์ ที่ pH ต่างๆ



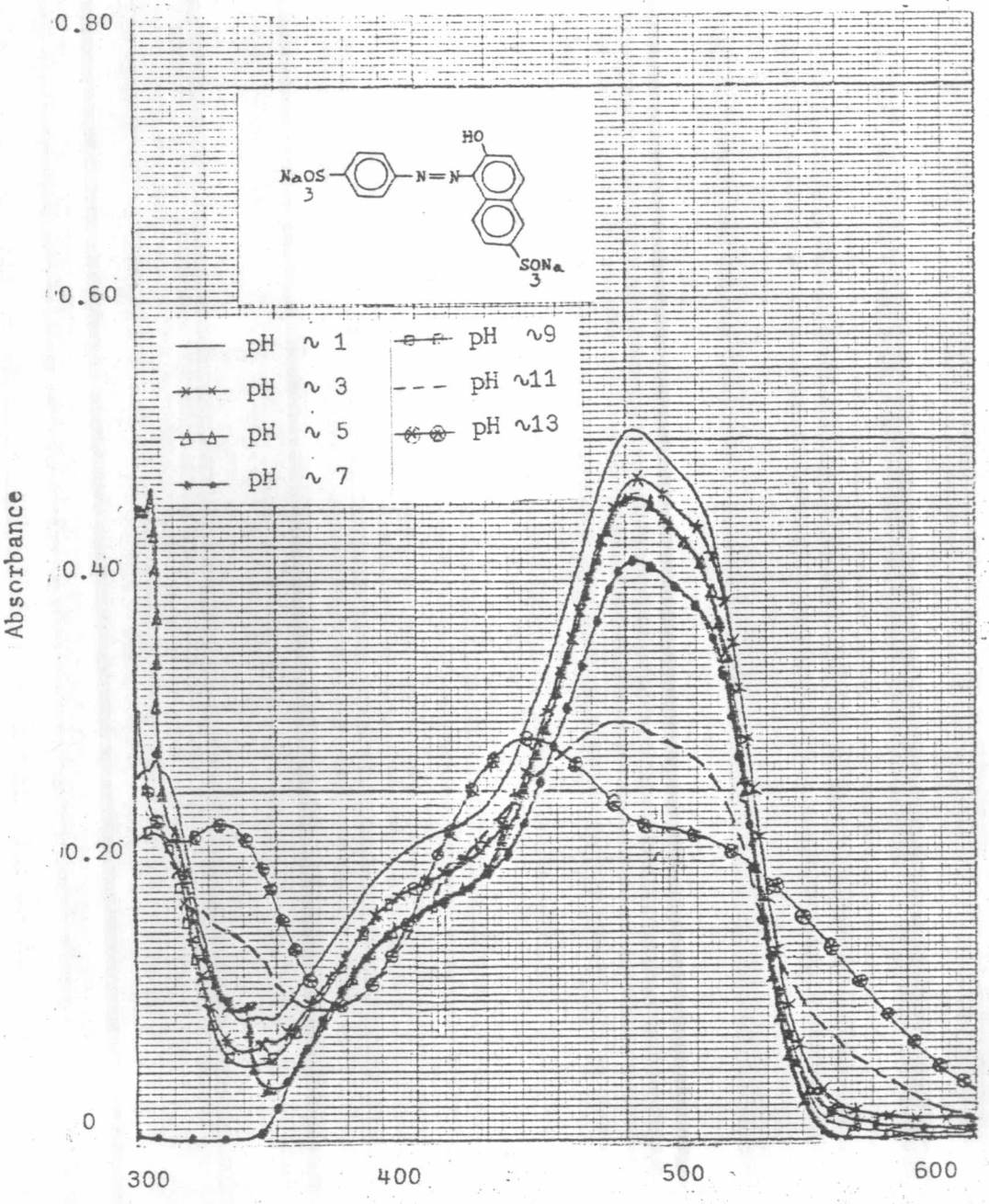
รูปที่ 12 แสดงวิสิบิลแอบซอบชันสเปกตราของลีเอโซรูบินที่ pH ต่างๆ



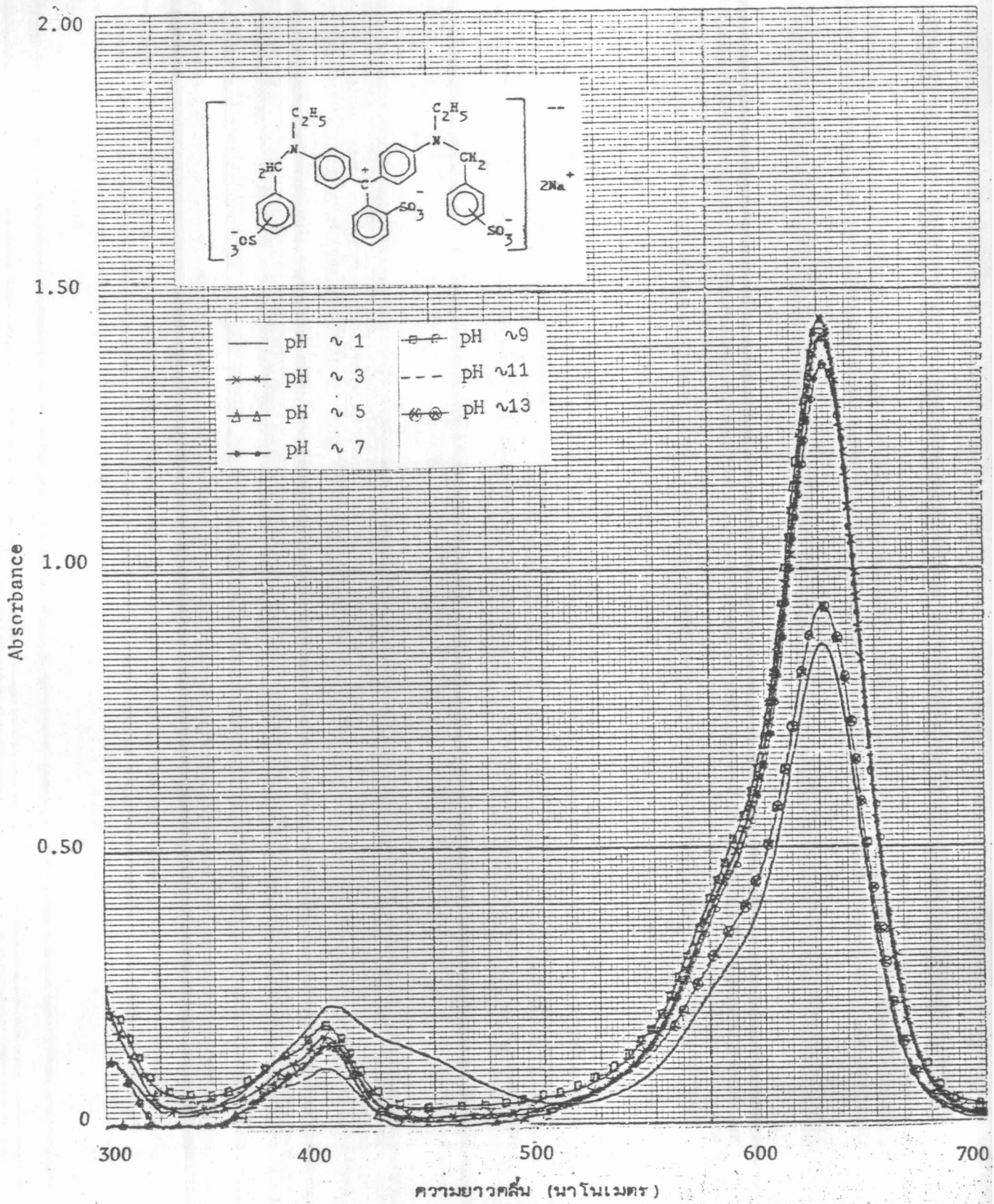
รูปที่ 13 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตรายอง อีเออริโทรซีน ที่ pH ต่างๆ



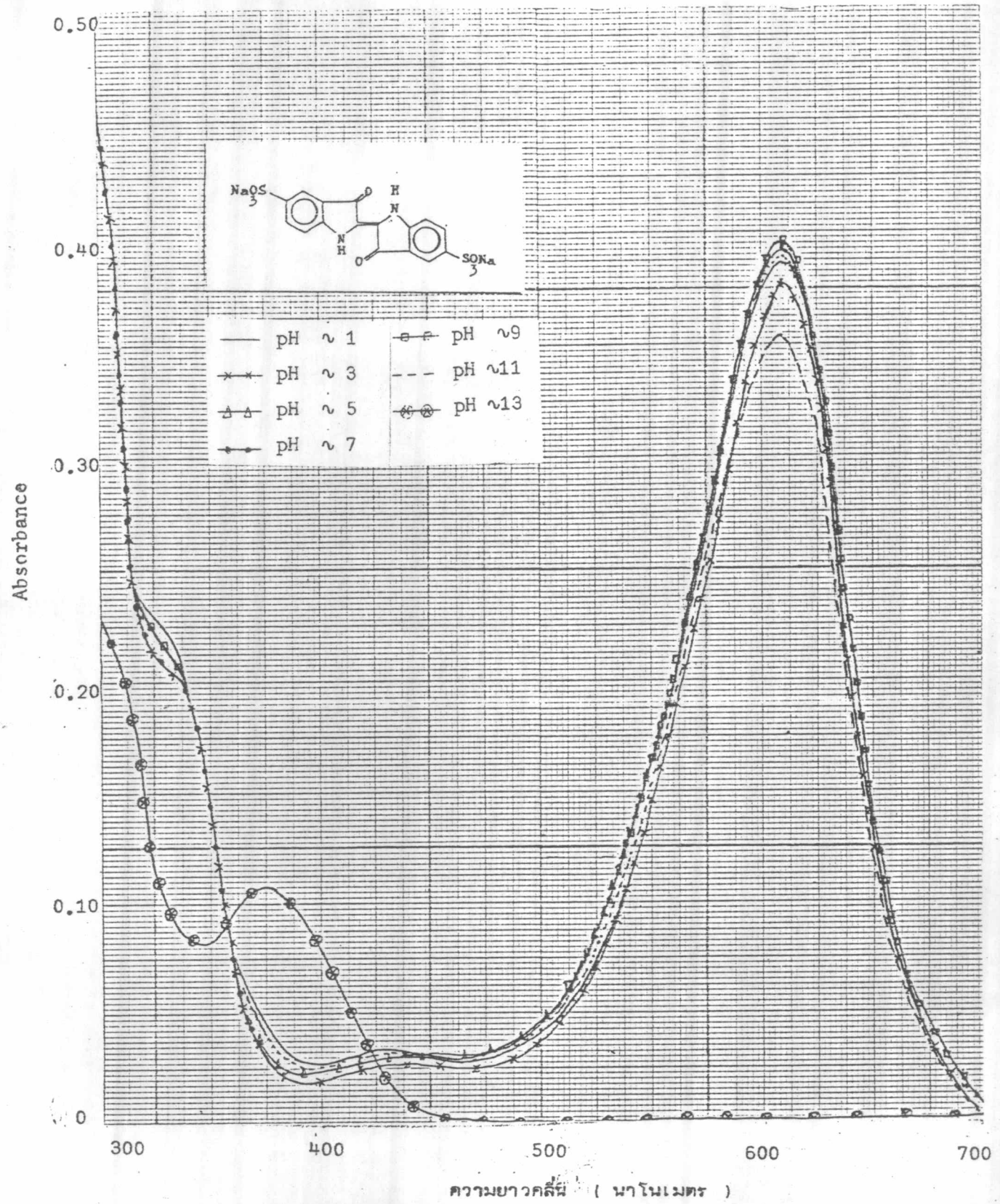
รูปที่ 14 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของ ลีดาร์ดราซีน ที่pH ต่างๆ



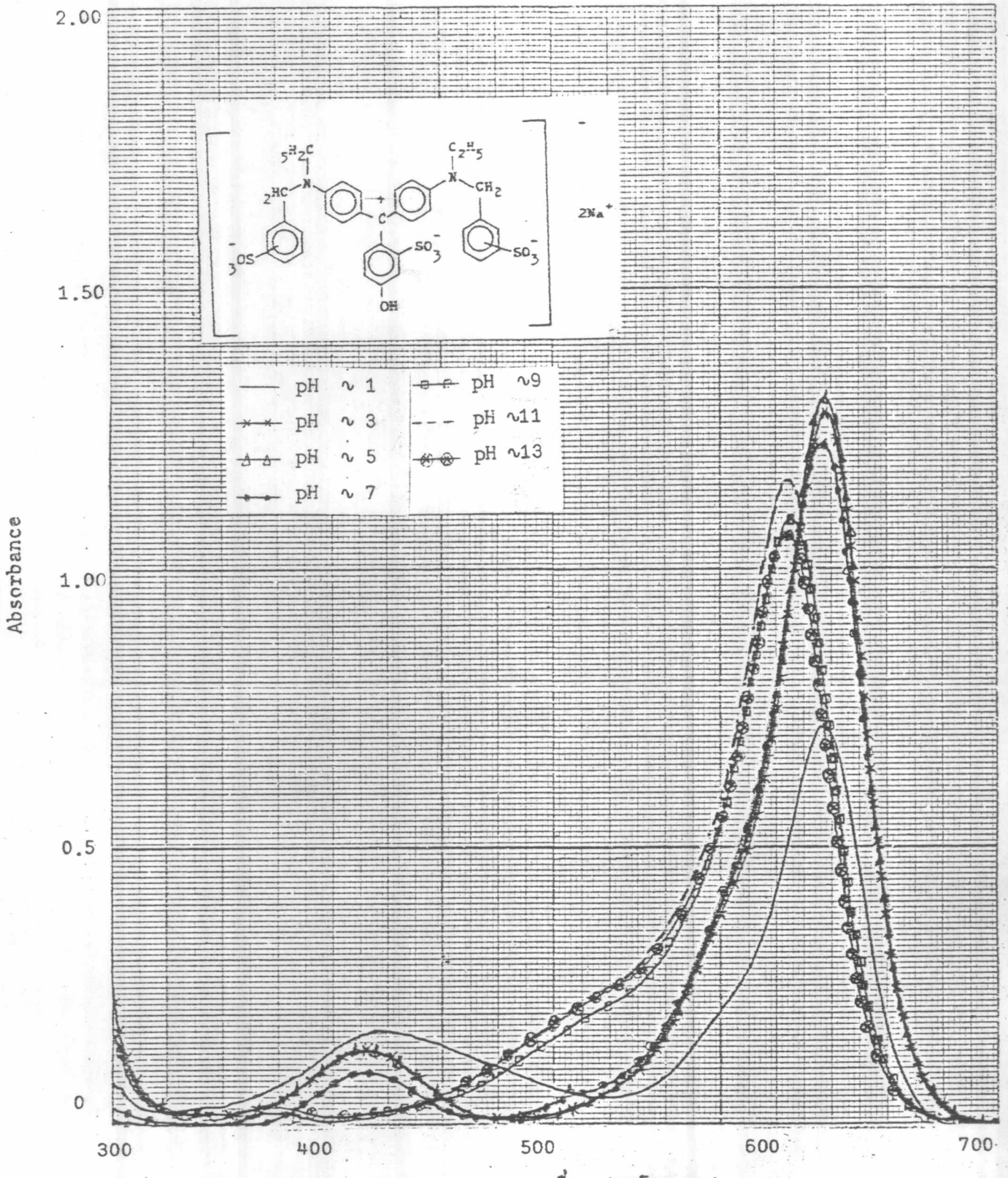
รูปที่ 15 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตรายอง ลีชันเซต เย็ลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ ที่ pH ต่างๆ



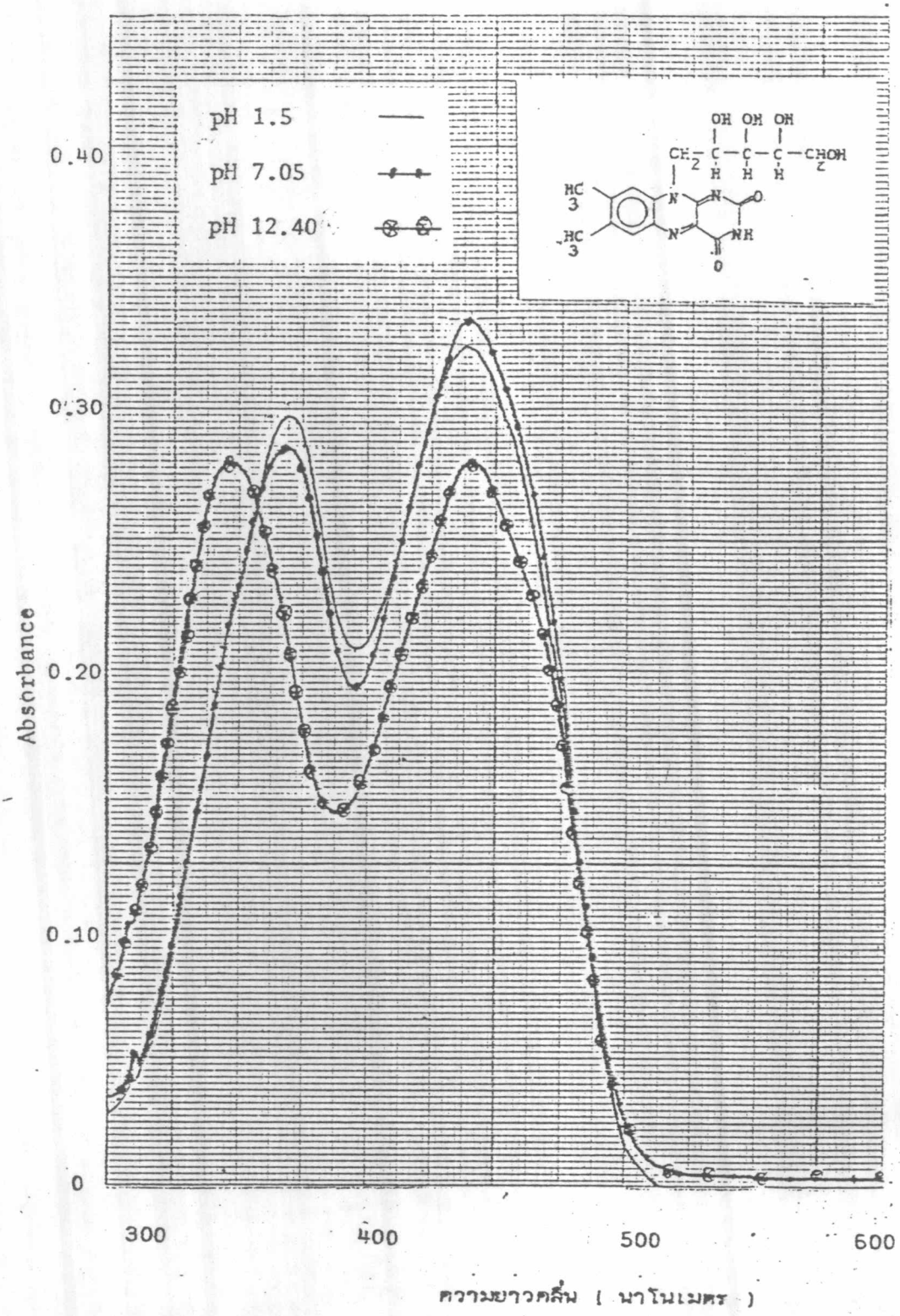
รูปที่ 16 แสดงวิลิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของ บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ ที่ pH ต่าง ๆ



รูปที่ 17 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของ อินดิโกคาร์มีน ที่ pH ต่างๆ



รูปที่ 18 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของ สีฟาสท์ กรีน เอ็ฟ อี เอ็ฟ ที่ pH ต่าง ๆ



รูปที่ 19 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของลิโรโบฟลาวินที่ pH ต่างๆกัน

ตารางที่ 10 แสดง pH ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สีผสมอาหารที่ละลายน้ำได้ชนิดสีเดียว และสีผสม 2 สี

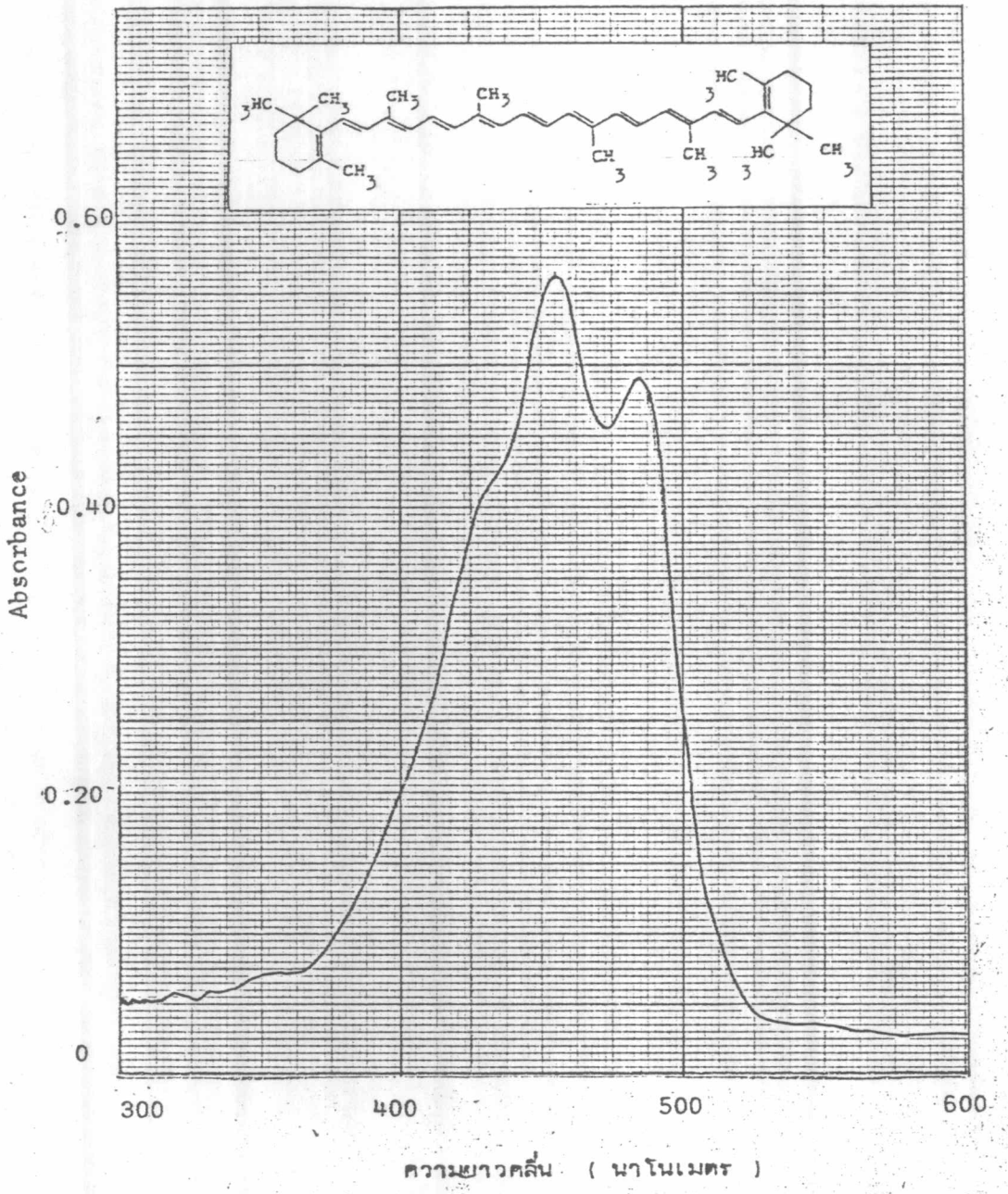
ชื่อสี	pH ที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์
ปองโซ 4 อาร์	3
เอโซรูบิน	3
เออริโทรซีน	7
ตาร์ตราซีน	7
ซันเซต เยลโลว์ เอฟ ซี เอฟ	1
บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ	9
อินดิโกคาร์มีน	9
ฟาสท์ กรีน เอฟ ซี เอฟ	5
ไรโบฟลาวิน	7
ม่วงเบอร์ 1	11
ม่วงเบอร์ 2	3
ม่วงเบอร์ 3	9
ม่วงเบอร์ 4	1
ม่วงเบอร์ 5	9
ม่วงเบอร์ 6	5
ส้มเบอร์ 1	3
ส้มเบอร์ 2	1
ส้มเบอร์ 3	11
เขียวเบอร์ 1	7
เขียวเบอร์ 2	5

4.2.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงของสีผสมอาหารที่ละลายในตัวทำละลายสารอินทรีย์

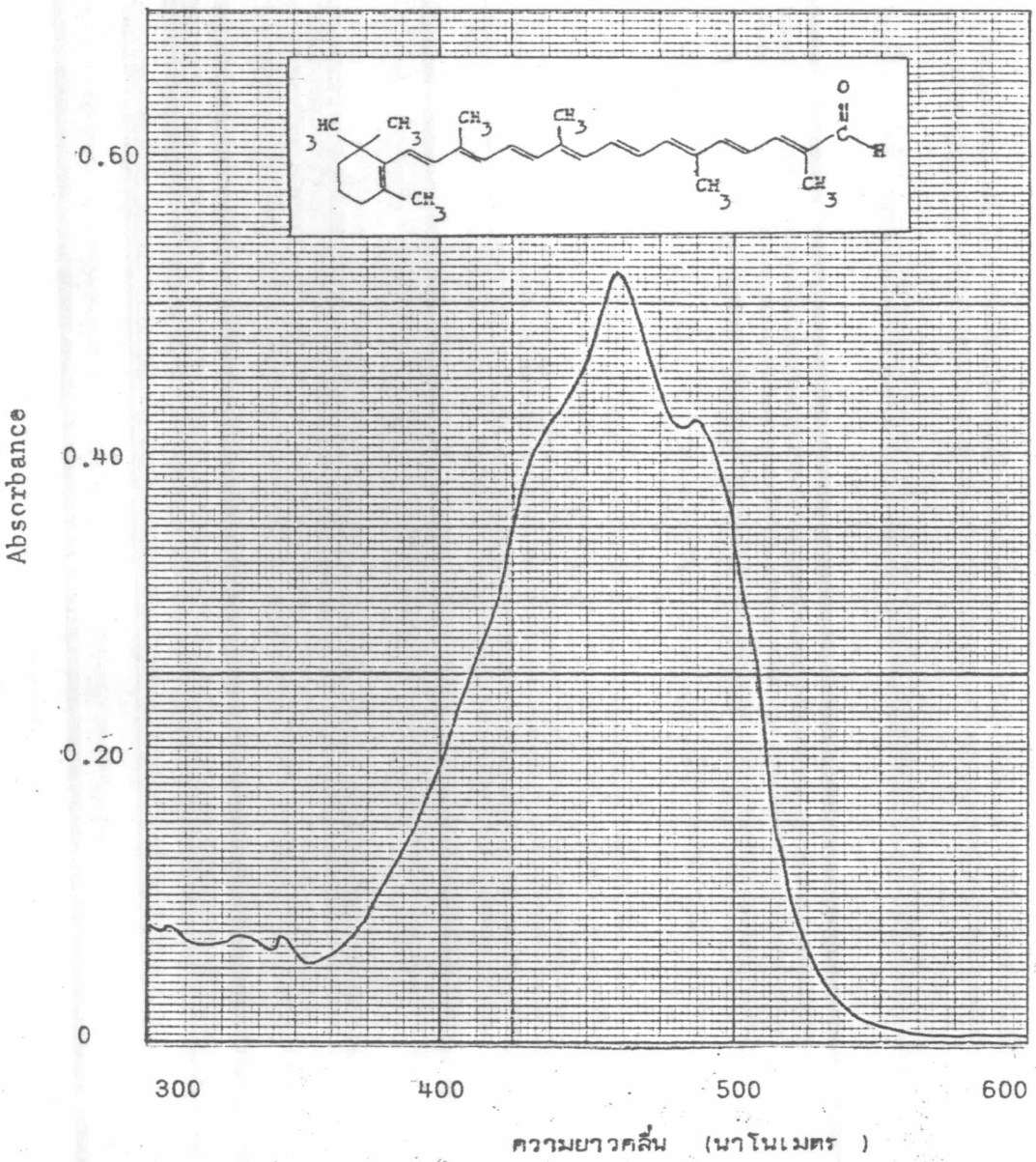
จากผลการศึกษาลักษณะของแอบซอบชันสเปกตรัมของสีผสมอาหาร เบตา-คาโรทีน, เบตา-อะโป-8'- คาโรทีนาล, แคนทาแซนทีน และคลอโรฟิลล์ ซึ่งละลายในไซโคลเฮกเซน ตามการทดลองที่ 3.2.2.3 และ 3.2.2.4 ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 20-23 จะเห็นว่า ลักษณะของสเปกตรัมของสารแต่ละชนิดแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดและเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสีเหล่านั้น ความยาวคลื่นที่สีแต่ละชนิดดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด (λ max)นั้นแสดงอยู่ในตารางที่ 11 แต่สำหรับสีเบตา-คาโรทีน กับเบตา-อะโป- 8'- คาโรทีนาล มีลักษณะคล้าย ๆ กันเพราะเป็นสารที่มีโครงสร้างคล้ายกันที่ต่างกันก็เพียงหมู่ฟังชันนัลกรุ๊ปต่างกันเท่านั้น สำหรับแคนทาแซนทีนซึ่งก็มีสีเหลือง ๆ คล้าย ๆ กับสีของ 2 ตัวข้างบนแต่ลักษณะของแอบซอบชันสเปกตรัมแตกต่างกันทำให้เราสามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบสีได้

ตารางที่ 11 แสดงการศึกษาการดูดกลืนแสงของสีผสมอาหารที่ละลายในไซโคลเฮกเซน

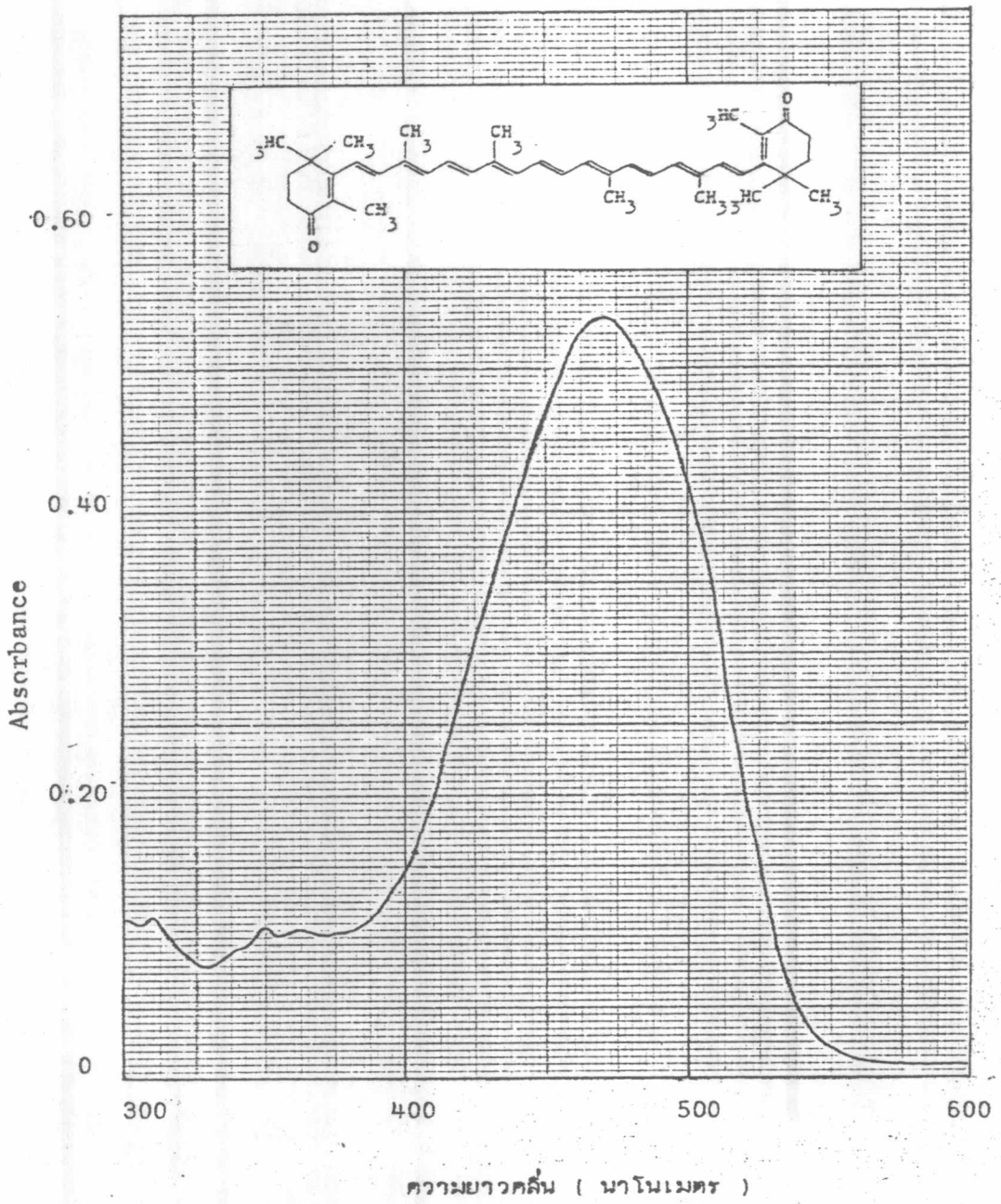
ชื่อสี	ความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด (นาโนเมตร)	แอบซอบชันสเปกตรัม รูปที่
เบตา-คาโรทีน	455, 485	20
เบตา-อะโป-8'-คาโรทีนาล	460, 488	21
แคนทาแซนทีน	470	22
คลอโรฟิลล์	395, 668	23



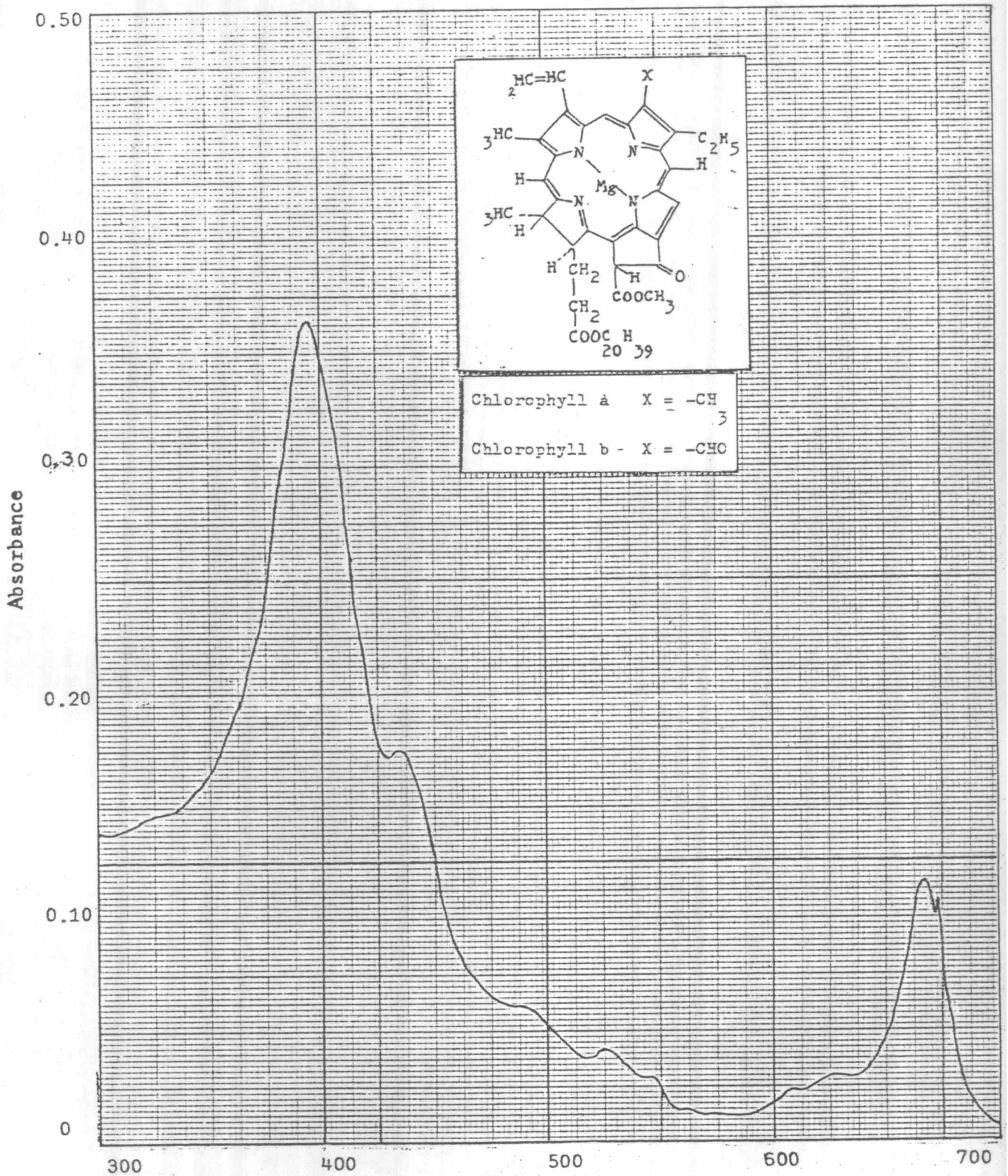
รูปที่ 20 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตรัมของ เบตา - คาโรทีน



รูปที่ 21 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตรัมของ เบตา - อะโป - 8' - คาโรทีนาล



รูปที่ 22 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตรัมของ แคนทาแซนทีน



รูปที่ 23 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตรัมของ คลอโรฟิลล์

4.2.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติของสีผสมอาหารที่ละลายน้ำได้ 2 ชนิดผสมกัน

จากการทดลองนำสี 2 ชนิดมาผสมกันตามการทดลองในข้อ 3.2.1.2, 3.2.2.3 ก. และ 3.2.2.4 เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับสีเมื่อมีการเปลี่ยน pH ของสารละลายในช่วง pH1-13 ลักษณะของแอบซอบชันสเปกตราอยู่ในรูปที่ 24-34 ความยาวคลื่นที่ให้ค่า absorbance มากที่สุด (λ max) ในสีผสมแต่ละชุดอยู่ในตารางที่ 12 จะสังเกตเห็นว่าในแต่ละแอบซอบชันสเปกตราที่ศึกษาของแต่ละ pH ส่วนใหญ่เกือบทุก pH ของสารละลาย ลักษณะของสเปกตราจะไม่เปลี่ยนแปลง และจะให้ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ดี 2 ตำแหน่ง ส่วนใหญ่แต่ละตำแหน่งก็คือ ความยาวคลื่นที่สีแต่ละชนิดในสีผสมดูดกลืนแสงได้ดี แต่ถ้า pH ที่ใช้ต่ำหรือสูงมาก ๆจะทำให้ลักษณะของสเปกตราเปลี่ยนแปลงไปบ้างตำแหน่งที่เคยดูดกลืนแสงได้ดีจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสีที่นำมาผสมกันบางคู่ซึ่งอาจจะเกิด interaction กันระหว่างสีก็ได้จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมที่สีแต่ละตัวเคยแสดงคุณสมบัติแต่ทั้งนี้ก็ยังขึ้นอยู่กับ pH ของสารละลายสีด้วย ดังจะพิจารณาคู่สีแต่ละคู่สีดังต่อไปนี้

<u>สีม่วงเบอร์ 1</u> ซึ่งประกอบด้วย บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ กับ ปองโซ 4 อาร์ ลักษณะของแอบซอบชันสเปกตราที่ pH ต่าง ๆ กัน ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 24 จะเห็นว่า ตั้งแต่ pH ~ 1-11 ความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนแสงได้ดียังคงอยู่ที่ 2 ตำแหน่งอันเป็นตำแหน่งที่แสงถูกดูดกลืนได้ดีที่สุด คือ ที่ 628 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับความยาวคลื่นที่ถูกสีบริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ ดูดกลืนได้ดีที่สุด สำหรับอีกตำแหน่งที่เห็นในแอบซอบชันสเปกตรา คือ ที่ความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร เป็นคุณสมบัติที่ปองโซ 4 อาร์ดูดกลืนแสง แต่ที่ pH ~ 1 แอบซอบชันสเปกตราจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมคือ จากกรณีที่สีปองโซ 4 อาร์ สีเดียวโดยเทียบกับแอบซอบชันสเปกตราของสีปองโซ 4 อาร์ รูปที่ 11 แต่อย่างไรก็ตาม จะเห็นว่า pH ที่เหมาะสมในการที่จะเตรียมสารละลายเพื่อวิเคราะห์สีม่วงเบอร์ 1 ควรเลือก pH ที่ให้ความยาวคลื่นที่สีแต่ละตัวแสดงคุณสมบัติของมันได้ดี กล่าวคือ เป็น pH ที่ปรากฏความยาวคลื่นของแสงที่ถูกดูดกลืนได้ดีทั้ง 2 ตำแหน่ง และควรเลือก pH ที่สีแต่ละชนิดดูดกลืนแสงได้มากที่สุดให้ค่า absorbance สูงที่สุด ดังนั้นการวิเคราะห์สีผสมคู่นี้ควรเลือกใช้ pH 11

สีม่วงเบอร์ 2 ซึ่งประกอบด้วย บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ กับ เอโซรูบิน พิจารณาจากตารางที่ 12 และแอบซอบชันส์เปกตรารูปที่ 25 จะเห็นว่า บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ ยังแสดงลักษณะเฉพาะตัวโดยดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดที่ 628 นาโนเมตร เช่นเดิม และเอโซรูบินก็ยังคงแสดงลักษณะเดิม เช่นเดียวกันทุก pH ของสารละลายสี การที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ดีของสีแต่ละตัวซึ่งแม้ผสมกันเป็นสีใหม่แล้วก็แสดงว่าสีทั้ง 2 ไม่มี interaction ระหว่างสีเลย การเลือก pH ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สีผสมระหว่าง 2 สีนี้ควรจะพิจารณาเลือก pH 3 เพราะว่าความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้ดีของเอโซรูบินอยู่ที่ 512.5 นาโนเมตร ให้ค่า absorbance ที่สูงที่สุด ส่วนสีบริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ นั้นเกือบทุก pH ก็ให้ค่า absorbance ที่สูง และความยาวคลื่นก็คงที่ ในการเลือก pH ที่เหมาะสมจึงมุ่งถึงการที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ นั่นคือว่า การที่เลือกที่ pH 3 ในกรณีนี้เพราะความยาวคลื่นของการดูดกลืนแสงได้ดีของเอโซรูบินจะห่างจากความยาวคลื่นที่สีปองโซ 4 อาร์ ดูดกลืนแสงมากทั้งนี้จะได้บ่งบอกชนิดสีได้ถูกต้องมากยิ่งระหว่างการวิเคราะห์สีม่วงเบอร์ 1 และ 2

สีม่วงเบอร์ 3 ประกอบด้วยสีบริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ กับ เออริโทรซีน ผสมกัน ลักษณะของแอบซอบชันส์เปกตราในย่างวิลิเบิลของสารละลายที่มี pH ต่าง ๆ กัน แสดงในรูปที่ 26 ซึ่งจะเห็นว่า ที่ความยาวคลื่น 628 นาโนเมตร เป็น λ max ของ บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ ซึ่งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง λ max เลย แม้ pH จะมีการเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม แต่ค่า absorbance มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ หรือค่าของ absorptivity จะเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อ pH เปลี่ยน ส่วนเออริโทรซี มีค่า λ max ที่ 523 นาโนเมตร (ตารางที่ 12) ถ้า pH ของสารละลายมีค่ามากกว่า 3 ขึ้นไปการเปลี่ยนแปลงของแอบซอบชันส์เปกตราจะไม่มีแต่ถ้า pH ต่ำกว่า 3 การดูดกลืนแสงของเออริโทรซีน ที่ความยาวคลื่น 523 นาโนเมตร จะเปลี่ยนแปลงมากอย่างเห็นได้ชัดยิ่งถ้า pH เป็น 1 จะไม่ดูดกลืนแสงหรือดูดกลืนแสงได้น้อยมาก สำหรับ pH ที่เหมาะสมในการเตรียมสารละลายเพื่อใช้ศึกษาหรือเพื่อการตรวจสอบควรจะเตรียมให้มี pH เท่ากับ 9 เพราะจะให้ค่า absorptivity สูงที่สุด

สีม่วงเบอร์ 4 ประกอบด้วยสีอินดิโกคาร์มีนกับปองโซ 4 อาร์ เมื่อพิจารณาดูแอบซอบชันส์เปกตารูปที่ 27 และตารางที่ 12 จะเห็นว่าสักษณะของแอบซอบชันส์เปกตราแสดงการดูดกลืนแสง

ของสีแต่ละชนิดโดยมีค่า λ max ที่ 610 และ 505 นาโนเมตร คงที่ตลอดช่วง pH 1-11 แต่ค่า absorptivity จะเปลี่ยนแปลงไปบ้าง แต่ถ้าสารละลายมี pH ∿ 13 ลักษณะของแอบซอบชันสเปกตราจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากซึ่งอาจกล่าวได้ว่าสีทั้งสองนี้เกือบไม่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงเลย ดังนั้นในการวิเคราะห์หรือตรวจสอบสีทั้งสองนี้จะต้องทำให้สารละลายเป็นกรดถึงจะได้ผลดีและความเข้มข้นของสีแต่ละชนิดในสีผสมนี้เท่ากัน จากสเปกตราจะเห็นได้ว่าค่า absorbance ของสีแต่ละชนิดที่วัดได้มีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของสีทั้งสองนี้ใกล้เคียงกัน

สีม่วงเบอร์ 5 ประกอบด้วยสีอินดิโกคาร์มีนกับเอโซรูบิน ถ้าพิจารณาจากตารางที่ 12 และวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตารูปที่ 28 จะเห็นว่าที่สภาวะเดียวกันสีเอโซรูบินมีความสามารถในการดูดกลืนแสงได้ดีกว่าอินดิโกคาร์มีนเมื่อมีความเข้มข้นเท่ากันและลักษณะของแอบซอบชันสเปกตราของสีทั้งสองค่อนข้างจะอยู่ใกล้เคียงกัน (overlap) แต่อย่างไรก็ตามอินดิโกคาร์มีนก็ยังคงดูดกลืนแสงได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 610 นาโนเมตรเกือบทุก pH ยกเว้นที่ pH ∿ 13 ซึ่งสีอินดิโกคาร์มีนในสีผสมนี้จะไม่แสดงการดูดกลืนแสงที่ 610 นาโนเมตรเลย สำหรับเอโซรูบินจะมีการเปลี่ยนแปลง λ max ไปบ้างเกือบทุก pH แต่ที่ pH 9 สีเอโซรูบินจะมี λ max ที่ 512.5 นาโนเมตร ดังนั้นในการพิจารณาเลือก pH เพื่อใช้วิเคราะห์และตรวจสอบสีนี้จึงควรเลือก pH 9 จึงจะเหมาะสม

สีม่วงเบอร์ 6 ประกอบด้วยสี อินดิโกคาร์มีน กับ เออริโทรซีน จากการพิจารณาดูแอบซอบชันสเปกตราของสีทั้งสองในรูปที่ 29 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าความสามารถในการดูดกลืนแสงของสีเออริโทรซีนมีมากกว่าสีอินดิโกคาร์มีนและสีทั้ง 2 ค่อนข้างจะแสดงลักษณะการดูดกลืนแสงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักแม้จะมีการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายไปก็ตามยกเว้นที่ pH 1-3 ซึ่งค่า absorbance จะเปลี่ยนแปลงไปมาก

สีส้มเบอร์ 1 ประกอบด้วยสีตาร์ตราซีน กับ ปองโซ 4 อาร์, จากการพิจารณาลักษณะของแอบซอบชันสเปกตารูปที่ 30 จะเห็นว่าความยาวคลื่นที่สีแต่ละตัวดูดกลืนแสงได้ดีอยู่ใกล้เคียงกันจึงทำให้เกิดการซ้อนกันของสเปกตรา (overlap) ทำให้สังเกตความยาวคลื่นที่ปองโซ 4 อาร์ดูดกลืนแสงได้ดีนั้นค่อนข้างลำบาก ตั้งแต่ pH 1-11 การดูดกลืนแสงของสีปองโซ 4 อาร์ไม่แตกต่าง

กันกับลักษณะแอบซอบชันส่เปกตราของสีเขียวยกเว้นที่ pH 13 ซึ่งการดูดกลืนแส่งที่ความยาวคลื่น 505 นาโนเมตรจะหายไปเหลือแอบซอบชันส่เปกตราที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร เพียงอย่างเดียว ที่ pH 3-9 แอบซอบชันส่เปกตราจะคงที่แต่ที่ pH 3 จะให้ค่า absorbance สูงที่สุดจึงเหมาะที่จะเลือกทำการวิเคราะห์สีทั้งส่องนี้

สีส้มเบอร์ 2 ประกอบด้วยสีตารัตราซีนกับเอโซรูบิน จากการพิจารณาแอบซอบชันส่เปกตราซึ่งแส่ดงในรูปที่ 31 จะเห็นว่า การดูดกลืนแส่งของสีแต่ละชนิดอยู่ใกล้เคียงจึงทำให้แอบซอบชันส่เปกตราเกิดการซ้อนกันขึ้นทำให้ยากแก่การพิจารณาโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ pH 11-13 ส่วน pH อื่น ๆ สีแต่ละชนิดยังแส่ดงลักษณะของการดูดกลืนแส่งของตัวเองได้อย่างชัดเจนโดยเฉพาะสีเอโซรูบินไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเลยจาก pH 1-7 ส่วนสีตารัตราซีนระหว่าง pH ~ 3-7 นั้นจะไม่เปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน ดังนั้น pH ที่เหมาะส่มในการวิเคราะห์สีส้มเบอร์ 2 ควรจะต้องปรับ pH ให้เป็น 1 จึงจะดี

สีส้มเบอร์ 3 ประกอบด้วยสีเออริโทรซีน กับ ตารัตราซีน จากการพิจารณาลักษณะของแอบซอบชันส่เปกตราดังแส่ดงในรูปที่ 32 และตารางที่ 12 จะเห็นได้ว่าสีเออริโทรซีนมีความส่ามารถในการดูดกลืนแส่งได้ดีกว่า ตารัตราซีน ในขณะที่มีความเข้มข้นเท่ากันและที่ส่ภาวะเดียวกันสีทั้งส่องส่ามารถดูดกลืนแส่งได้ดีที่ความยาวคลื่นซึ่งต่างกันมากทำให้เห็นได้ชัดเจนในช่วงของ pH 5-13 แอบซอบชันส่เปกตราของสีเออริโทรซีนจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทำให้แตกต่างไปจากลักษณะของสีเดิม คือยังดูดกลืนแส่งได้ดีที่สุดที่ความยาวคลื่น 523 นาโนเมตร แต่ที่ pH 1-3 มีการเปลี่ยนแปลงบ้าง คือค่า absorbance ที่วัดได้ที่ความยาวคลื่น 523 นาโนเมตร นั้นค่อนข้างต่ำ ส่วนสีตารัตราซีนก็ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักยกเว้นที่ pH 10-13 แอบซอบชันส่เปกตราจะเปลี่ยนไปบ้าง

สีเขียวเบอร์ 1 ประกอบด้วยสีตารัตราซีนกับบริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ เมื่อพิจารณาจากแอบซอบชันส่เปกตราดังรูปที่ 31 สีบริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ มีลักษณะของการดูดกลืนแส่งที่ค่อนข้างคงที่แม้ pH จะเปลี่ยนแปลงไปก็ตามคือ ความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแส่งได้ดีที่ 628 นาโนเมตร แต่สีตารัตราซีนจะมีลักษณะเปลี่ยนไปในรูปร่างของส่เปกตราของแต่ละ pH และตำแหน่งที่ดูดกลืน

แล่งได้ดีเปลี่ยนไปด้วย ทั้งนี้เพราะตารัตราซีนอาจจะมี interaction กับ บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ สำหรับสีเขียวเบอร์ 1 นี้ ถ้าพิจารณาเลือก pH ที่เหมาะสมเพื่อเตรียมสารละลายไว้ใช้ควรเลือก pH 7

สีเขียวเบอร์ 2 ประกอบด้วย สี ตารัตราซีน กับ อินดิโกคาร์มีน พิจารณาจากแอบซอบชันสเปกตราดังรูปที่ 34 และตารางที่ 12 จะเห็นได้ว่า อินดิโกการ์มีนไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของการดูดกลืนแล่งในเกือบทุก pH ในขณะที่อยู่ในสีผสมนี้ แต่ถ้าเทียบกับสเปกตราของอินดิโกคาร์มีนจะเห็นว่าเปลี่ยนไปบ้างเล็กน้อย ส่วนสีตารัตราซีนจะไม่เปลี่ยนแปลงในช่วง pH 1-7 ดังนั้นในการวิเคราะห์สีเขียวเบอร์ 2 น่าจะเลือก pH 5 เป็น pH ที่เหมาะสม

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะพอสรุปว่า สีผสมอาหารระหว่างสี 2 สี ส่วนใหญ่ก็ยังแสดงลักษณะของสีเดิมของแต่ละชนิดซึ่งพอจะใช้เป็นหลักในการบ่งบอกชนิดของสีได้ ทั้งนี้ต้องเลือกเตรียม pH ของสารละลายสีให้เหมาะสมด้วย ดังได้แสดง pH ของสีผสมที่ควรใช้ในการวิเคราะห์สีผสม 2 สีนี้ไว้ในตารางที่ 10 ซึ่งจะเป็นประโยชน์กรณีวิเคราะห์สีในสารตัวอย่างแล้วพบว่ามีสีผสมอยู่อย่างน้อย 2 สี ก็นำสเปกตรัมของสีที่แยกจากตัวอย่างมาเทียบได้ โดยใช้เงื่อนไขเดียวกัน ก็จะสามารถบอกถึงชนิดของของสีแต่ละตัวได้ถูกต้องขึ้นโดยไม่ต้องเสียเวลาแยกสีแต่ละตัวมาวิเคราะห์

ตารางที่ 12 แสดงผลการเปลี่ยนแปลง pH ที่มีต่อการดูดกลืนแล่งของสี 2 ชนิดผสมกัน

ชื่อสี	pH	ความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนแล่งได้ดีที่สุด (นาโนเมตร)	แอบซอบชันสเปกตรา รูปที่
สีม่วงเบอร์ 1	1.30	628 , 495	24
บริลเลียนท์ บลู	3.10	628 , 505	
เอฟ ซี เอฟ	5.00	628 , 505	
กับ	7.00	628 , 505	
ปองโซ 4 อาร์	9.05	628 , 505	
	10.90	628 , 505	
	12.35	628	

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ชื่อสี	pH	ความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนแล่งได้ดีที่สุด (นาโนเมตร)	แอบซอบชันสเปกตรารูปที่
สีม่วงเบอร์ 2 บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ กับ เอโซรูบิน	1.30	628 , 512.5	25
	3.20	628 , 512.5	
	5.00	628 , 512.5	
	7.00	628 , 512.5	
	9.05	628 , 500	
	10.85	628 , 500	
	12.50	628 , 500	
สีม่วงเบอร์ 3 บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ กับ เออริโทรซีน	1.30	628 , 405	26
	3.00	628 , 528	
	5.05	628 , 523	
	7.00	628 , 523	
	9.20	628 , 523	
	10.85	628 , 523	
	12.30	628 , 523	
สีม่วงเบอร์ 4 อินดิโกคาร์มีน กับ ปองโซ 4 อาร์	1.50	610 , 505	27
	3.00	610 , 505	
	5.00	610 , 505	
	7.05	610 , 505	
	9.40	610 , 505	
	10.80	610 , 505	
	12.40	360 , 425	

ตารางที่ 12 (ต่อ)

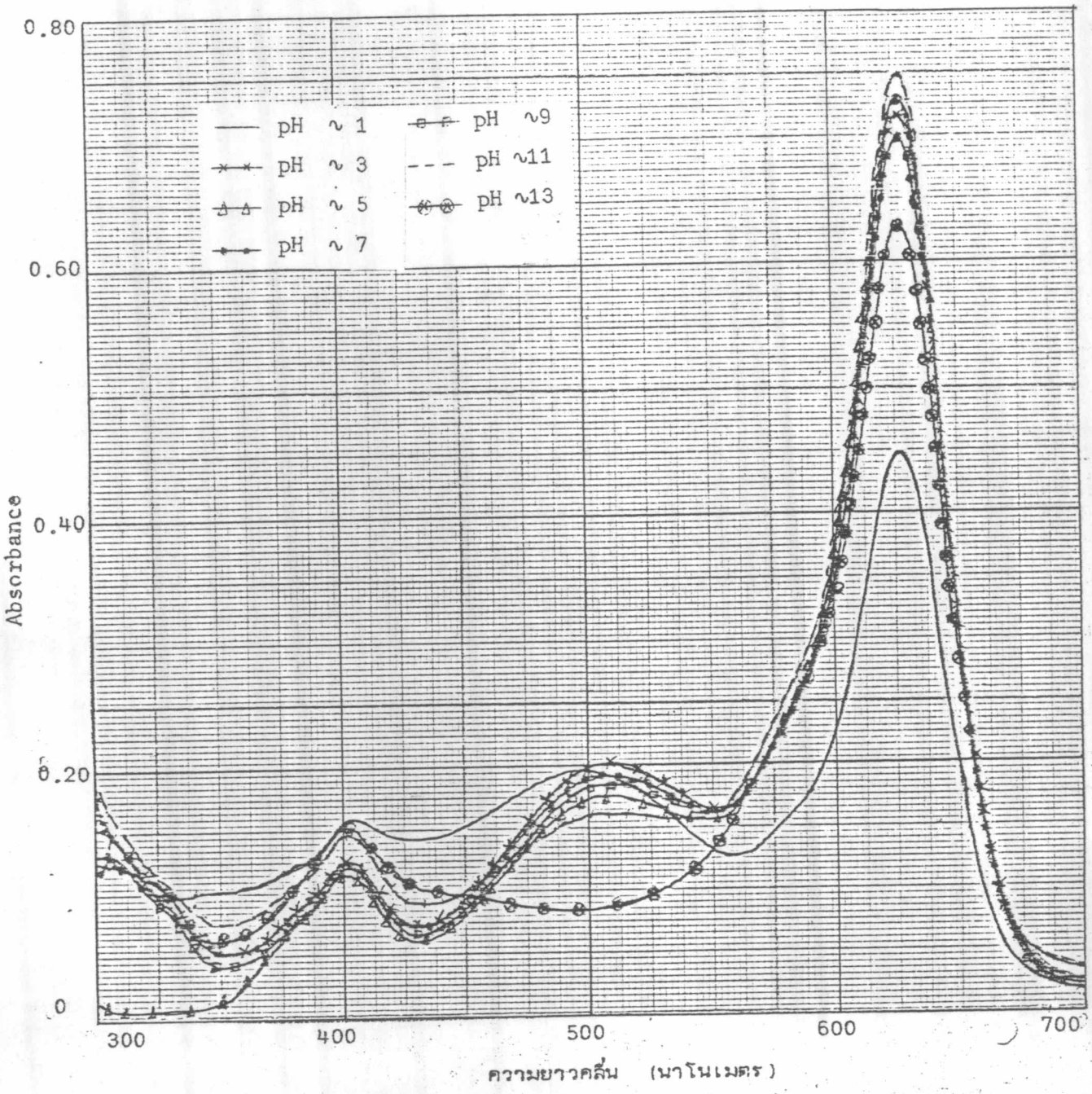
ชื่อสี	pH	ความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนแสงได้ดีที่สุด (นาโนเมตร)	แอบซอบชันสเปกตรารูปที่
สีม่วงเบอร์ 5 อินดิโกคาร์มีน กับ เอโซรูบิน	1.30	520 , 610	28
	3.00	520 , 610	
	5.05	520 , 610	
	7.00	512.5 , 610	
	9.05	512.5 , 610	
	10.80	512.5 , 610	
	12.40	485 ,	
สีม่วงเบอร์ 6 อินดิโกคาร์มีน กับ เออริโทรซีน	1.35	610	29
	3.00	528 , 610	
	5.00	523 , 610	
	7.00	523 , 610	
	9.10	523 , 610	
	10.90	523 , 610	
	12.35	523 , 610	
สีส้มเบอร์ 1 ตาร์ตราซีน กับ ปองโซ 4 อาร์	1.25	435 , 505	30
	3.00	425 , 505	
	5.00	425 , 505	
	7.05	425 , 505	
	9.20	425 , 505	
	10.80	395 , 500	
	12.40	400	

ตารางที่ 12 (ต่อ)

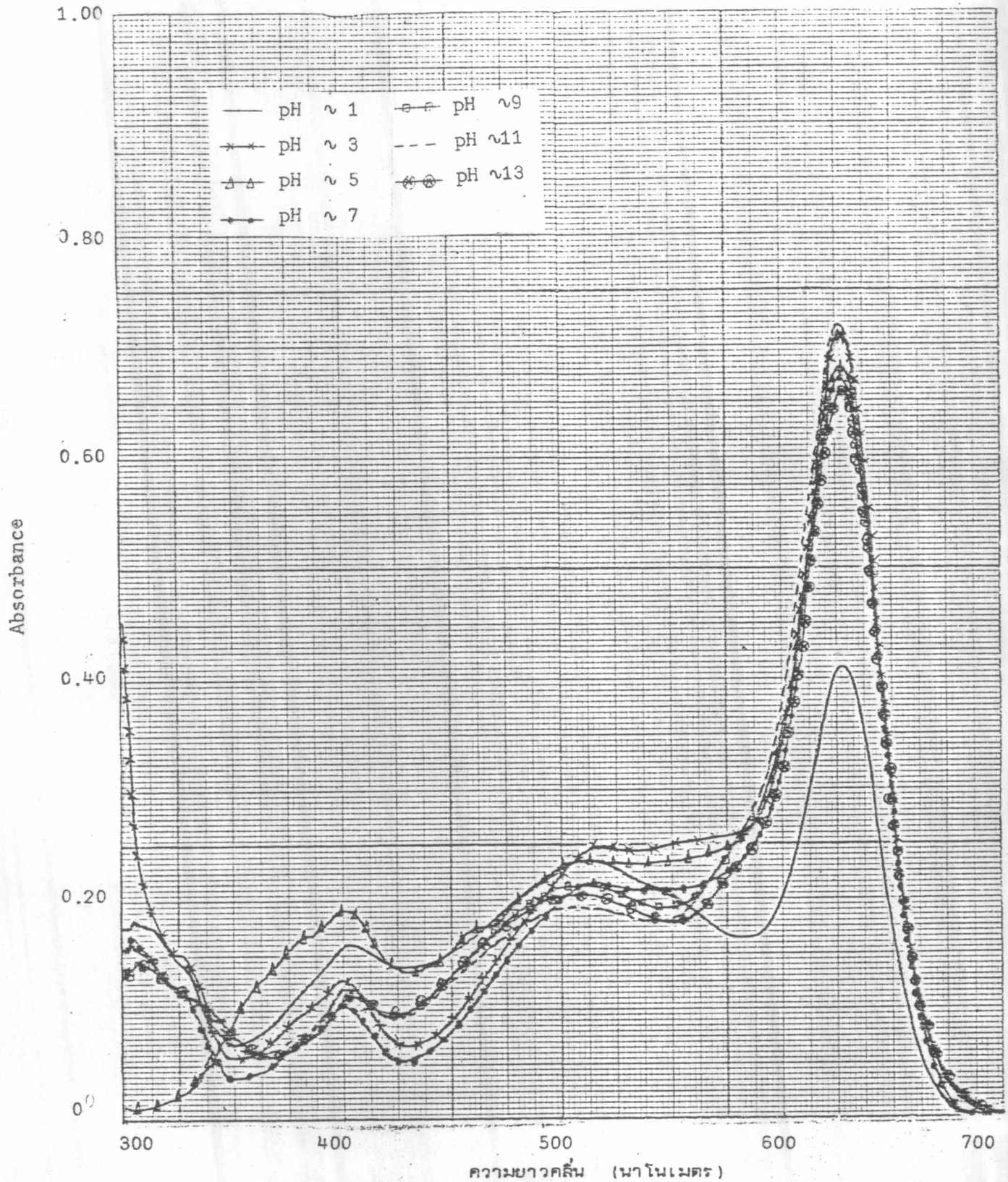
ชื่อสี	pH	ความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนแล่งได้ดีที่สุด (นาโนเมตร)	แอบซอบชันสเปกตรา รูปที่
สีส้มเบอร์ 2 ตาร์ตราซีน กับ เอโซรูบิน	1.25	435 , 512.5	31
	3.00	425 , 512.5	
	5.00	425 , 512.5	
	7.00	425 , 512.5	
	9.25	440 , 510	
	10.80	440 , 480	
	12.40	440 , 480	
สีส้มเบอร์ 3 ตาร์ตราซีน กับ เออริโทรซีน	1.40	425 , 510	32
	3.00	425 , 525	
	5.00	425 , 523	
	7.00	425 , 523	
	9.05	413 , 523	
	10.85	395 , 523	
	12.30	395 , 523	
สีเขียวเบอร์ 1 ตาร์ตราซีน กับ บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ	1.30	410 , 628	33
	3.00	405 , 628	
	5.00	405 , 628	
	7.00	405 , 628	
	9.05	405 , 628	
	10.85	400 , 628	
	12.45	400 , 628	

ตารางที่ 12 (ต่อ)

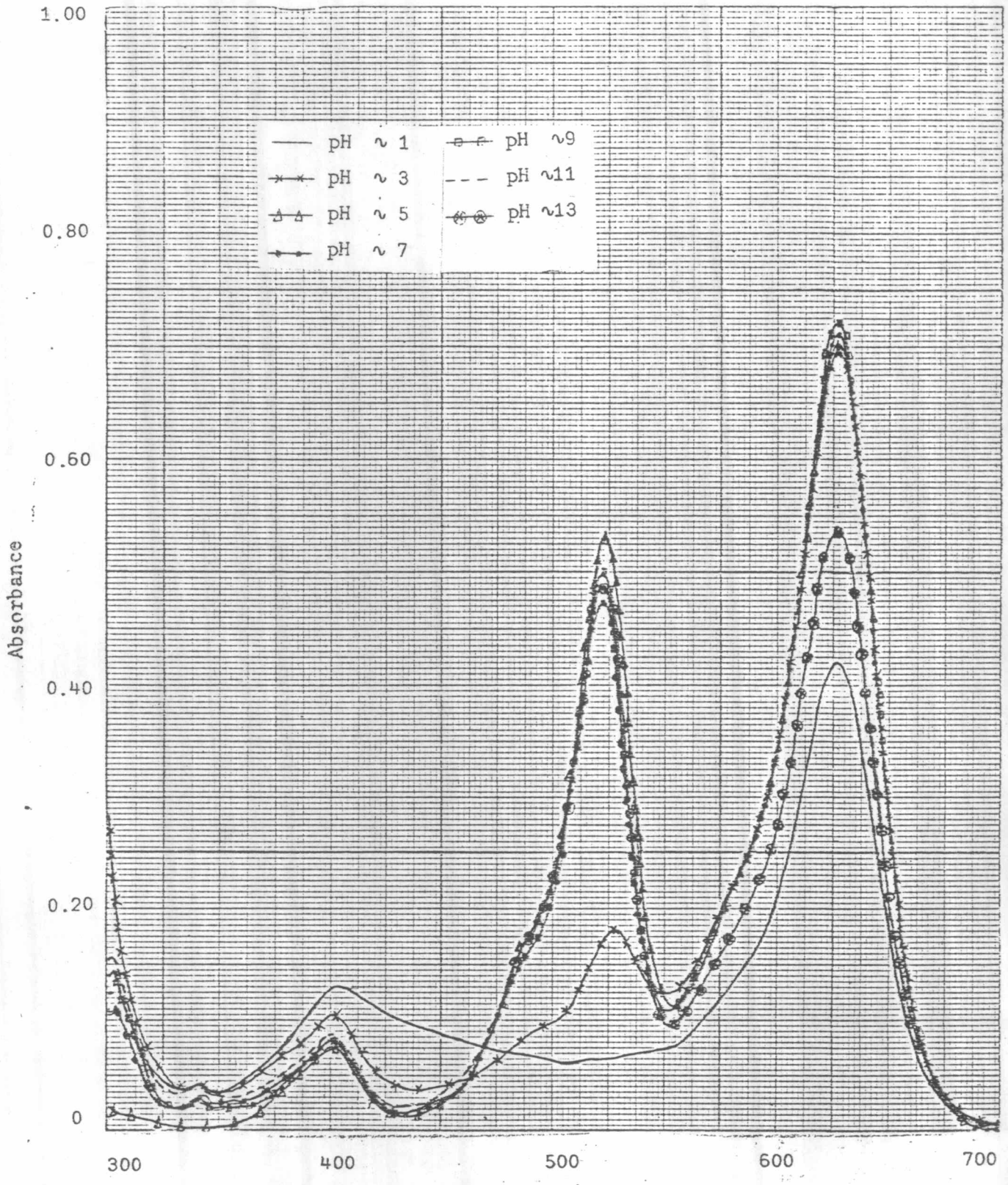
ชื่อสี	pH	ความยาวคลื่นที่สีดูดกลืนแสงดีที่สุด (นาโนเมตร)	แอบซอบชันสเปกตราปที่
<u>สีเขียวเบอร์ 2</u>	1.30	425 , 610	34
ตาร์ตราซีน	3.00	425 , 610	
กับ	5.05	425 , 610	
อินดิโกคาร์มีน	7.00	425 , 610	
	9.05	420 , 610	
	11.05	380 , 610	
	12.45	380 ,	



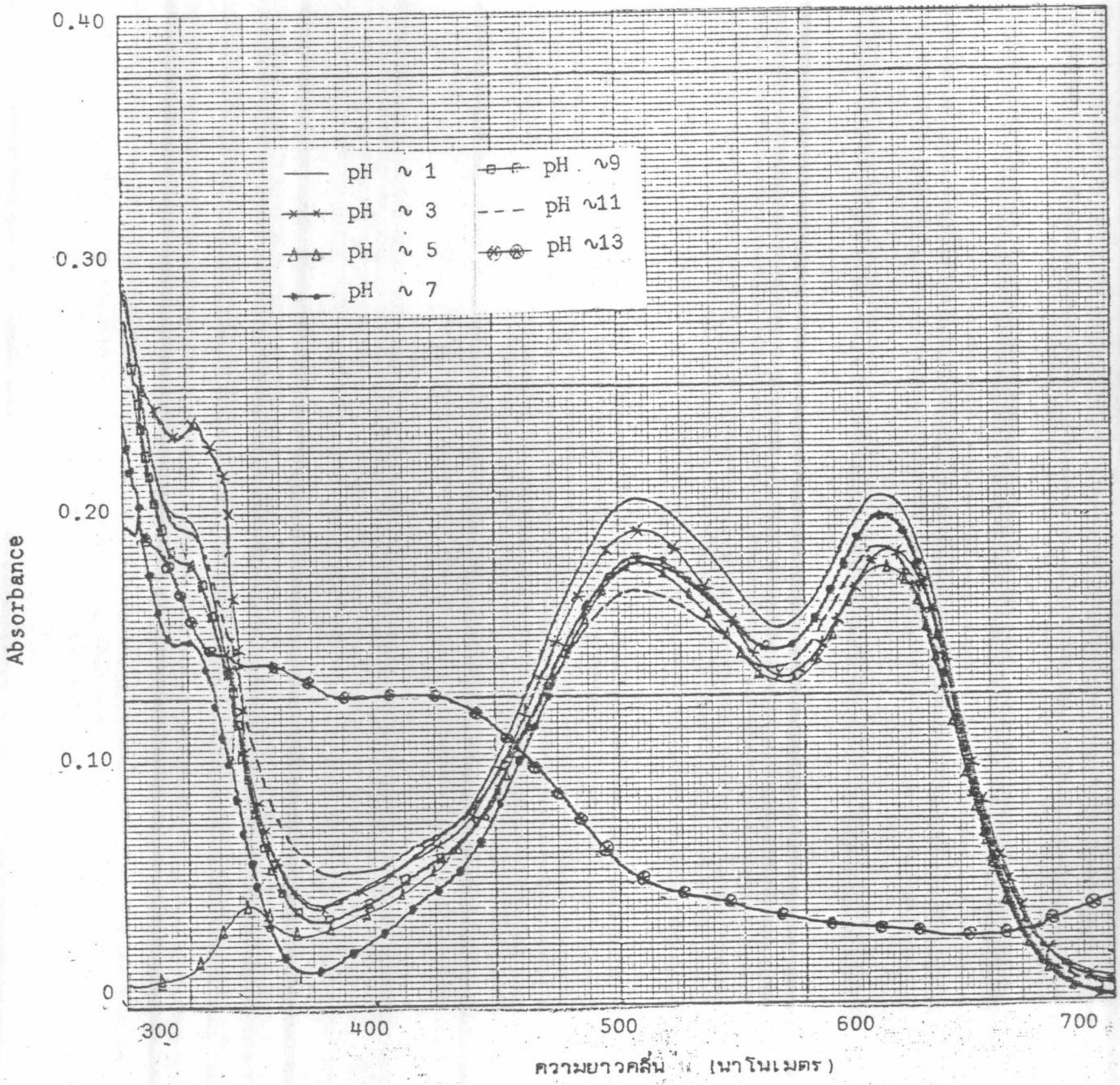
รูปที่ 24 แสดงวิลิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของลีม่วง เบอร์ 1 ที่ pH ต่าง ๆ



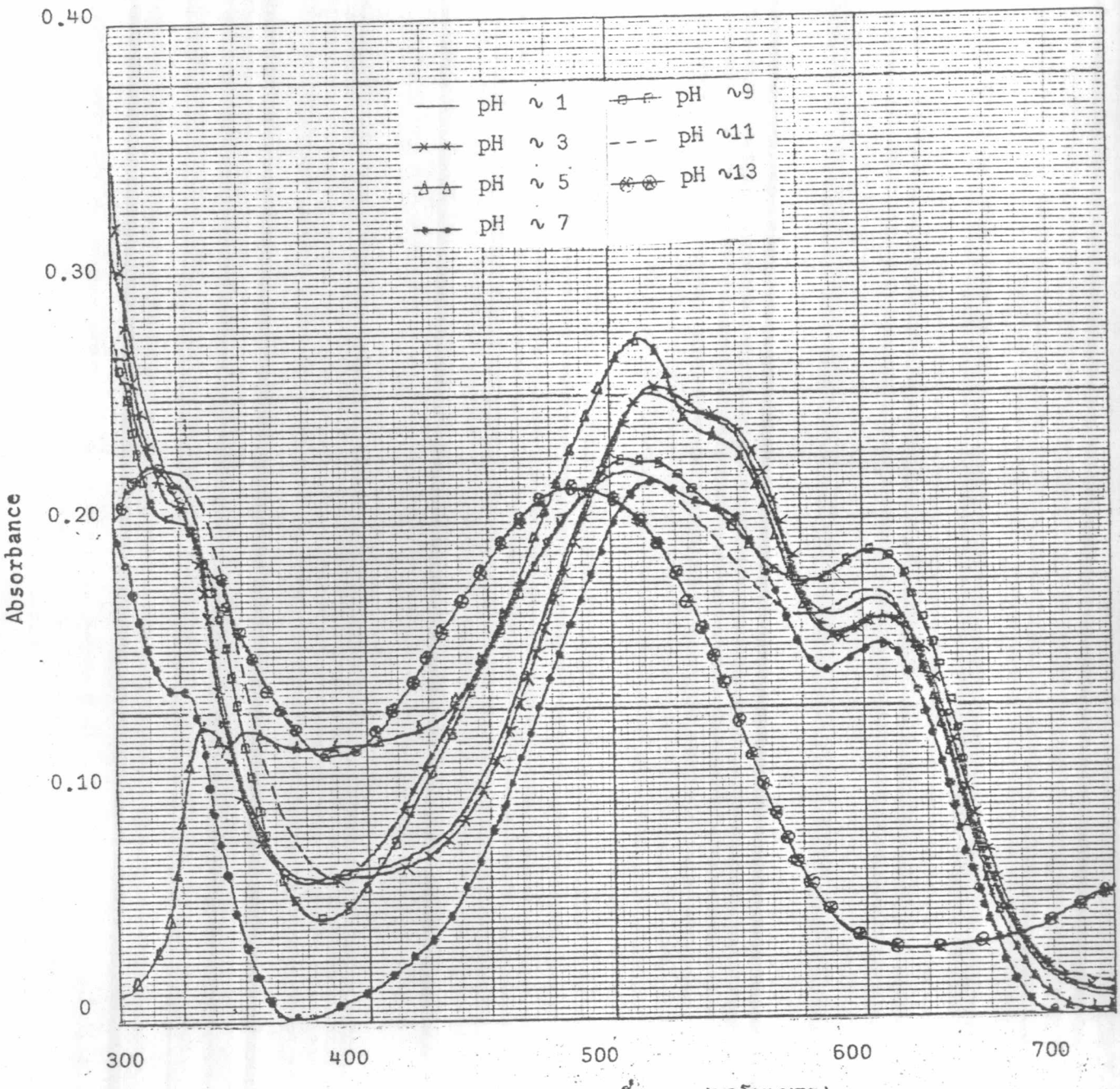
รูปที่ 25 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตรายอง สีม่วง เบอร์2 ที่ pH ต่าง ๆ



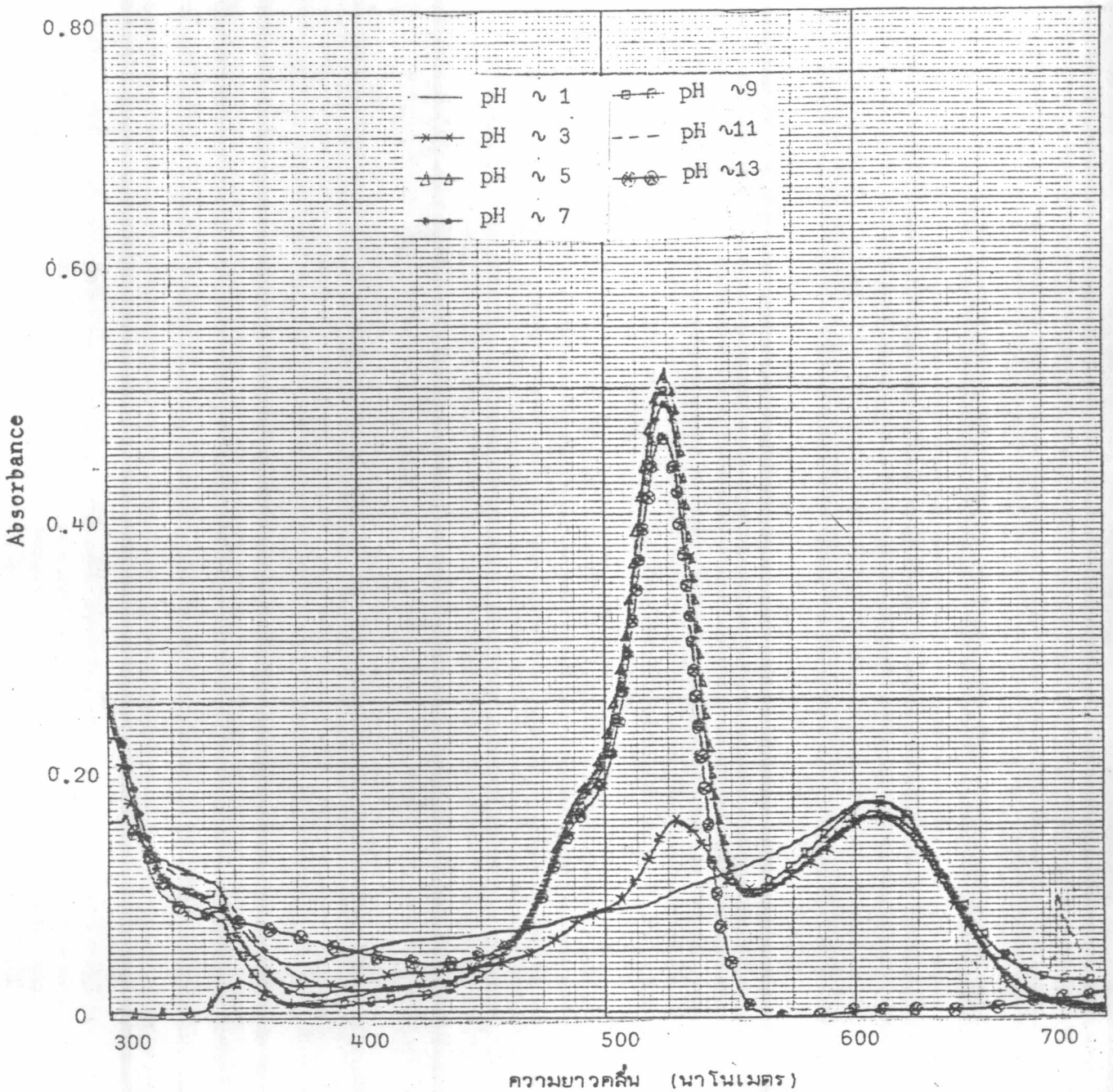
รูปที่ 26 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของสีม่วง เบอร์ 3 ที่ pH ต่าง ๆ



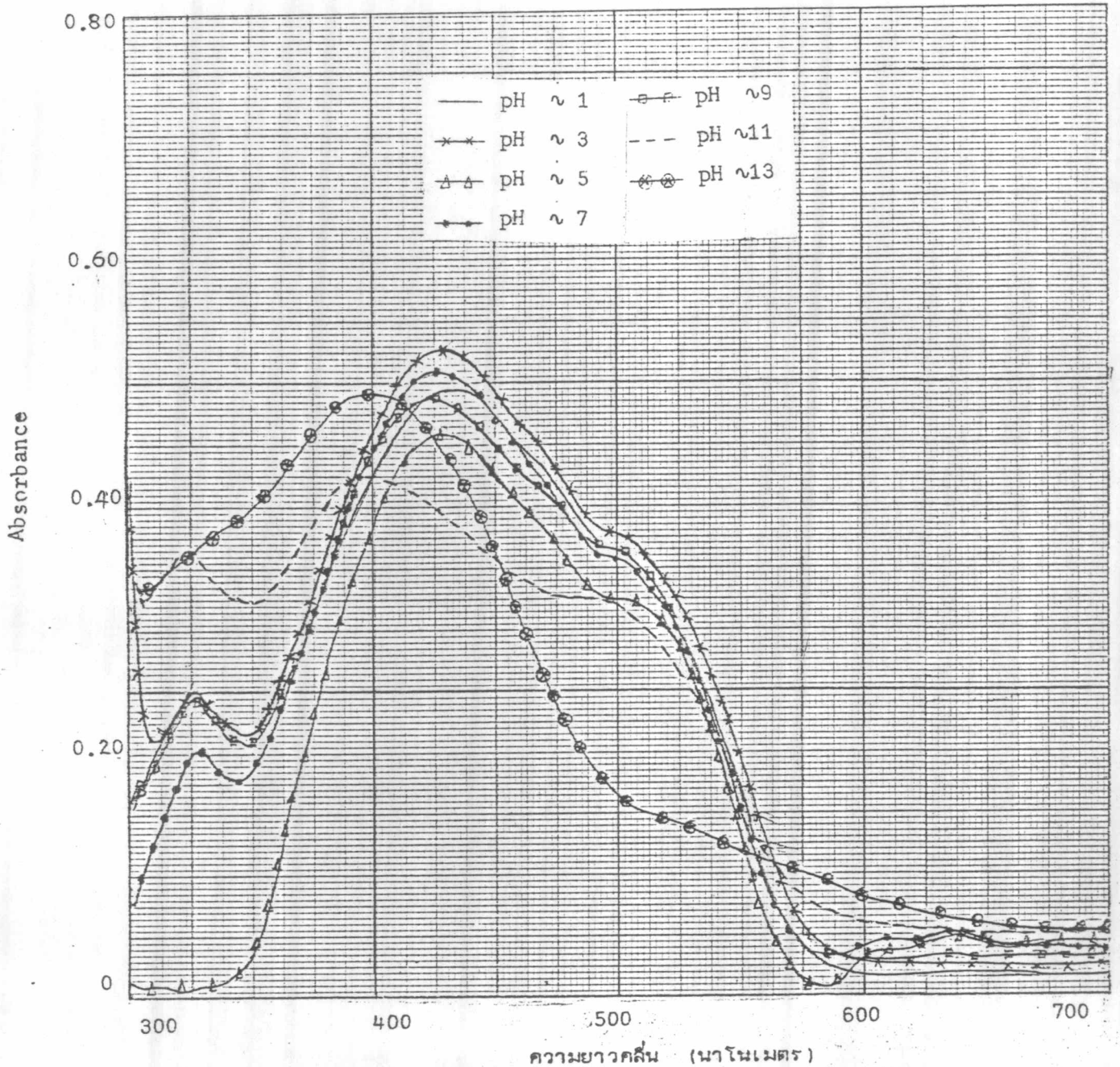
รูปที่ 27 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตรายอง สีม่วง เบอร์ 4 ที่ pH ต่าง ๆ



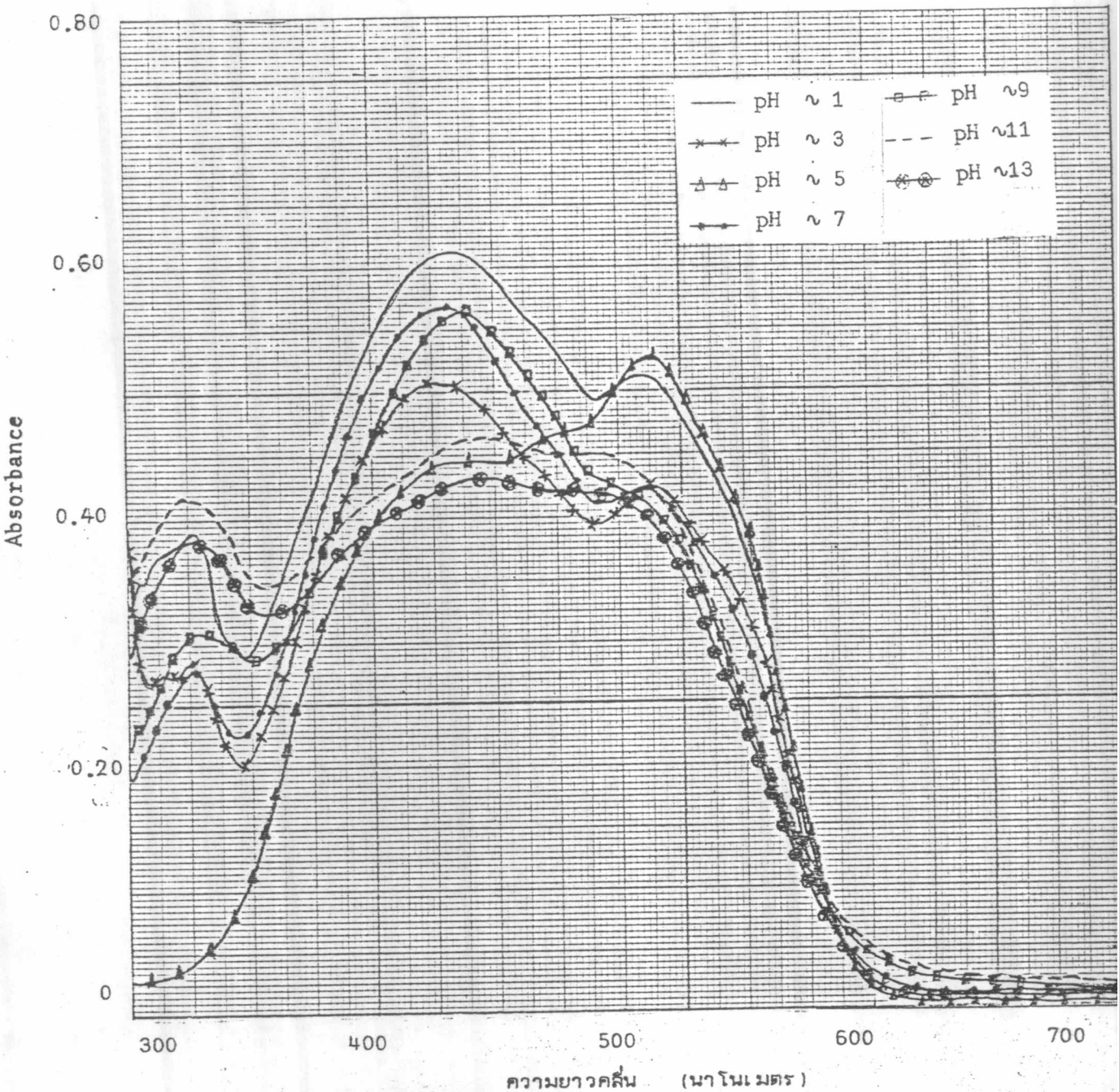
รูปที่28 แสดงวิลิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของ ลีม่วง เบอร์ 5 ที่ pH ต่าง ๆ



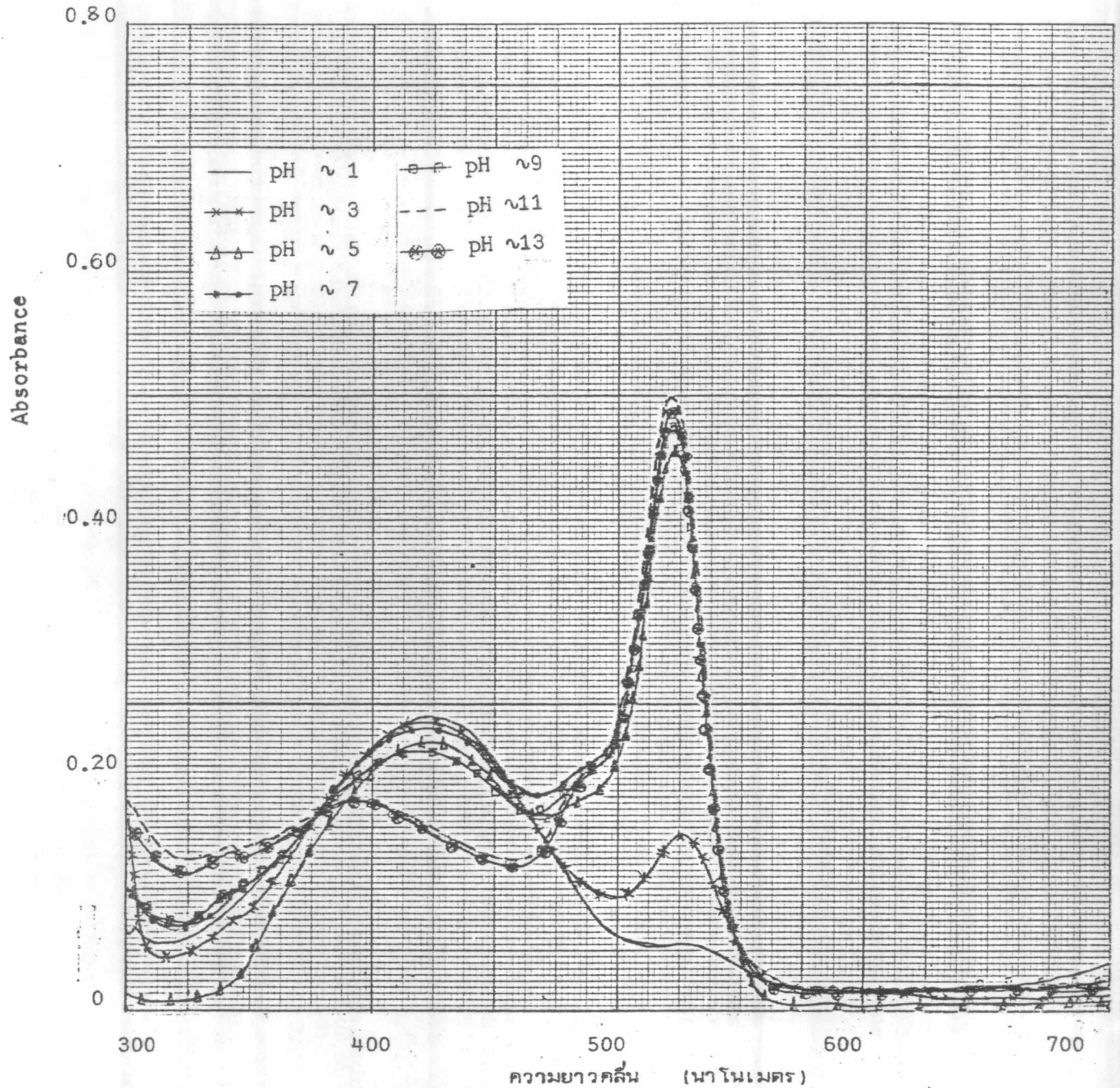
รูปที่ 29 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของ สีม่วง เบอร์ 6 ที่ pH ต่าง ๆ



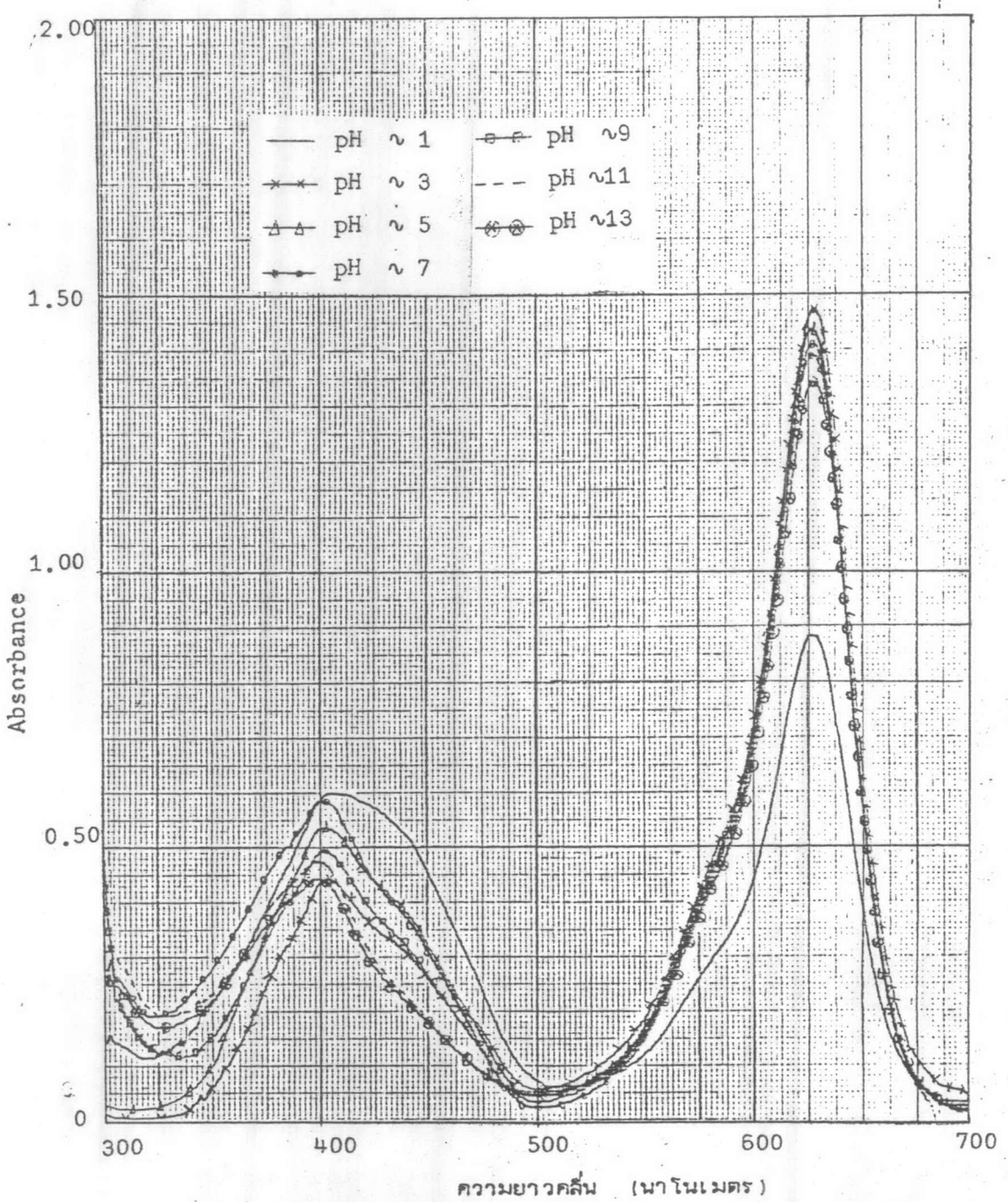
รูปที่ 30 แสดงวิลิเบิลแอบซอบชันสเปกตรายอง สีส้ม เบอร์ 1 ที่ pH ต่าง ๆ



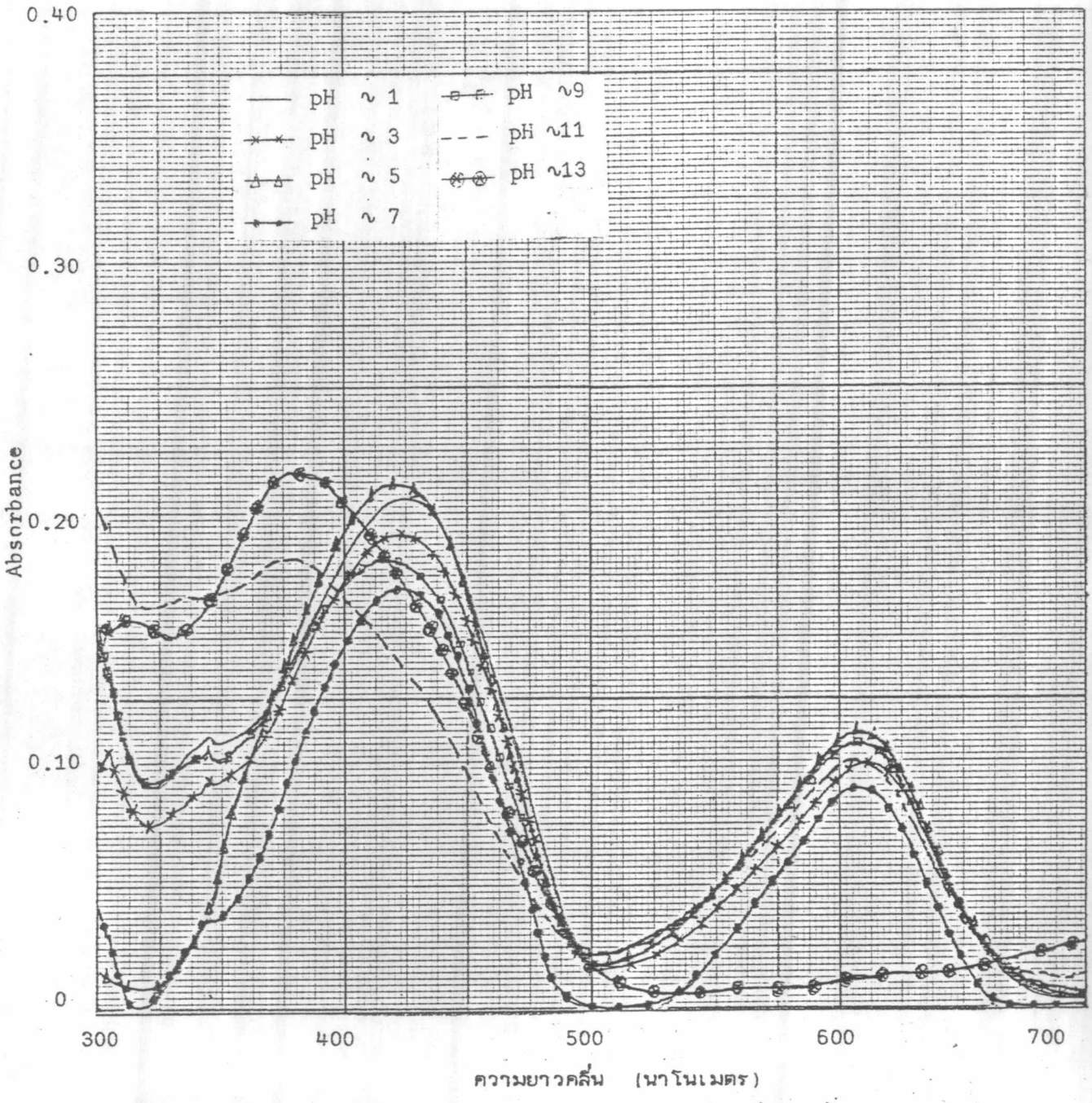
รูปที่ 31 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของ สีส้ม เบอร์ 2 ที่ pH ต่าง ๆ



รูปที่ 32 แสดงวิลิเบิลแอบซอบชันสเปกตรายอง สีลัม เบอร์ 3 ที่ pH ต่าง ๆ



รูปที่ 23 แสดงวิสิเบิลแอบซอบชันส์เปกตราของ ลีเยียว เบอร์ 1 ที่ pH ต่าง ๆ



รูปที่ 34 แสดงวิลิเบิลแอบซอบชันสเปกตราของ ลีเยียว เบอร์ 2 ที่ pH ต่างๆกัน

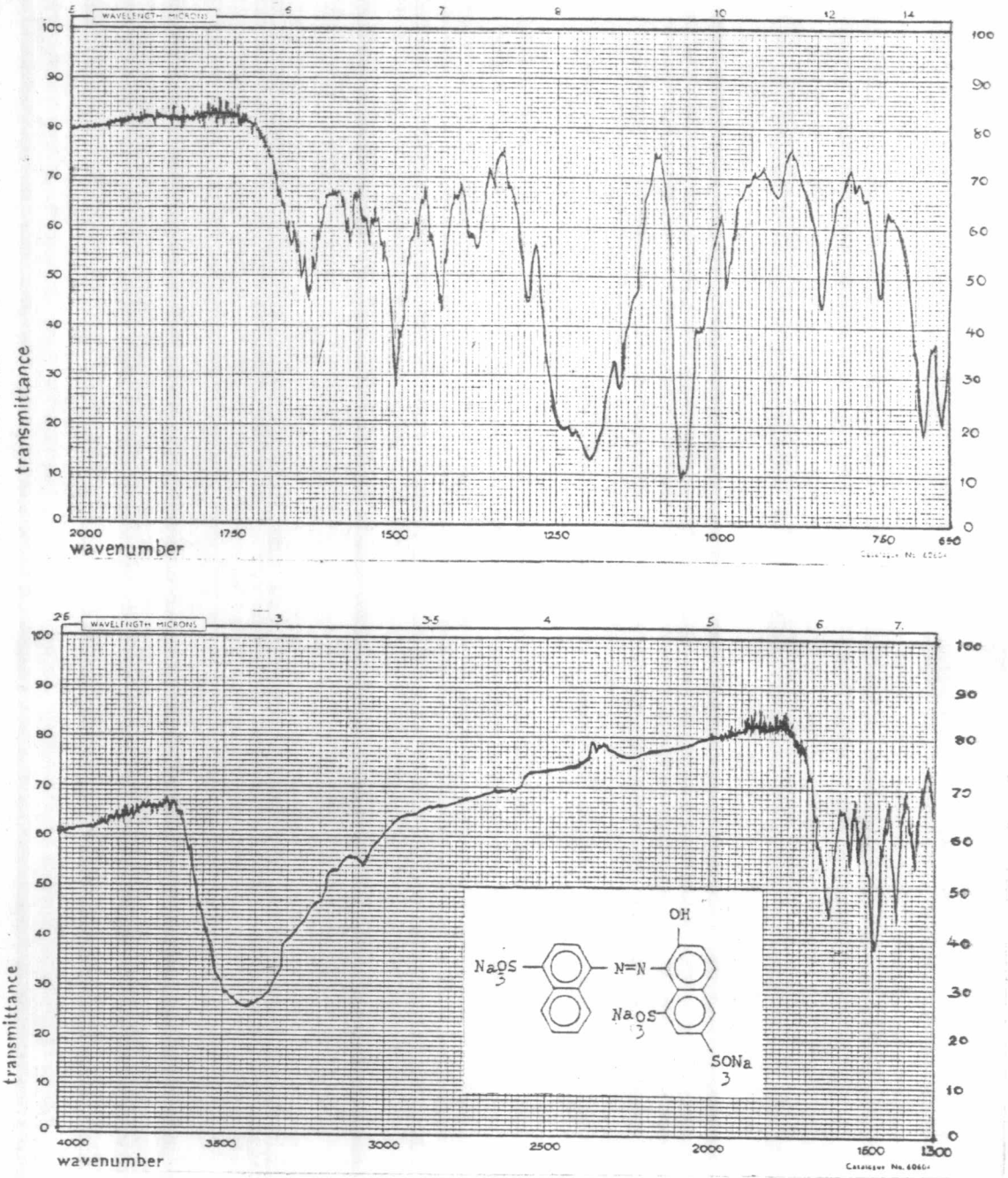
4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนแสงในย่านอินฟราเรดของสีผสมอาหาร

จากการทดลองตามข้อ 3.2.3 ก. และ 3.2.3 ข. ผลการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของสีผสมอาหารแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 13 และแสดงอินฟราเรดสเปกตราตั้งแต่รูปที่ 35-47

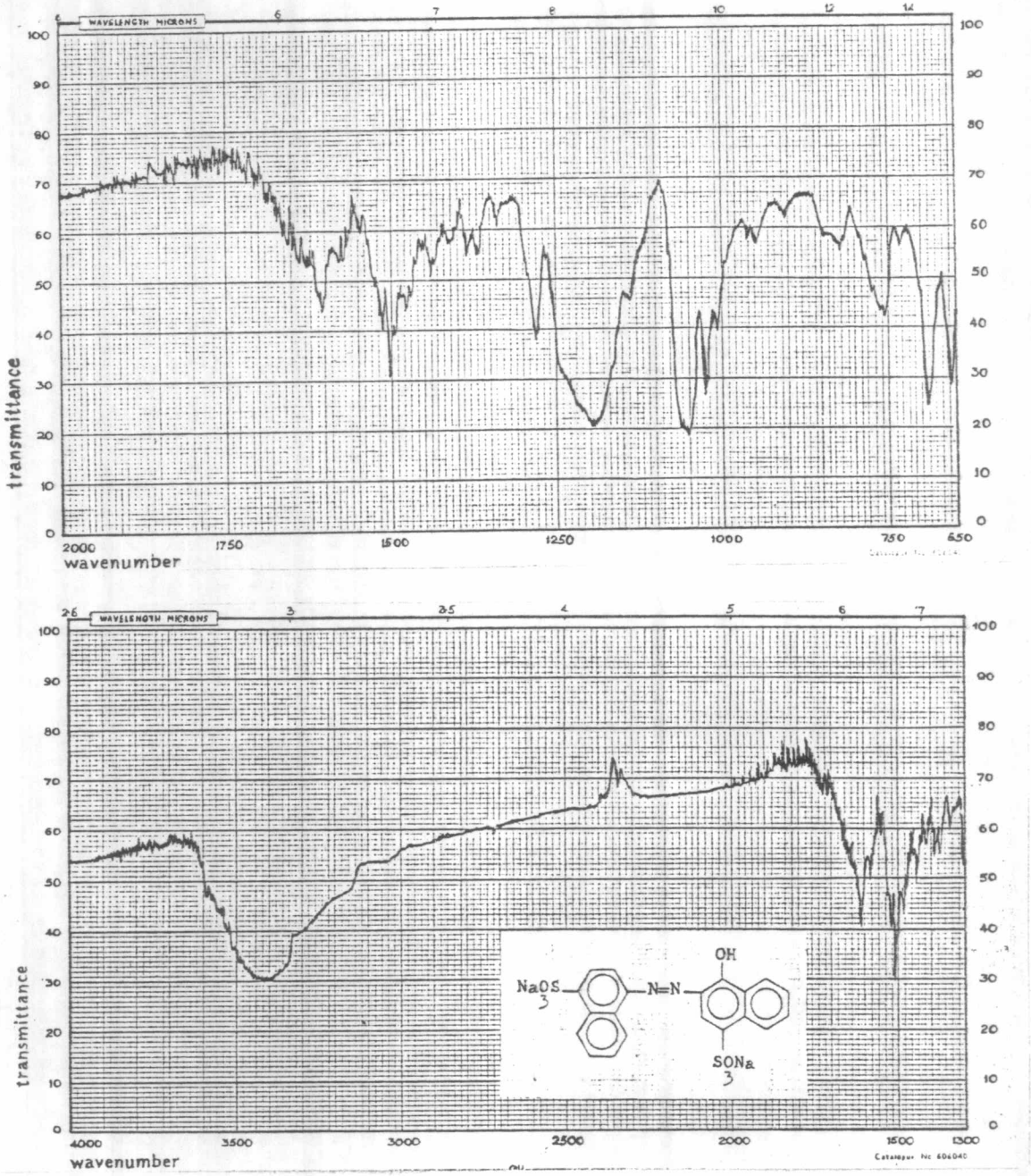
ตารางที่ 13 แสดงผลของการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของสีต่าง ๆ

ชื่อสี	อินฟราเรดสเปกตรา รูปที่
ปองโซ 4 อาร์	35
เอโซรูบิน	36
เออริโทรซีน	37
ตาร์ตราซีน	38
ซันเซ็ต เยลโลว์ เอฟ ซี เอฟ	39
บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ	40
อินดิโกคาร์มีน	41
ฟาสท์ กรีน เอฟ ซี เอฟ	42
ไรโบฟลาวิน	43
เบตา-คาโรทีน	44
เบตา-อะโป-8'-คาโรทีนาล	45
แคนทาแซนทีน	46
คลอโรฟิลล์	47

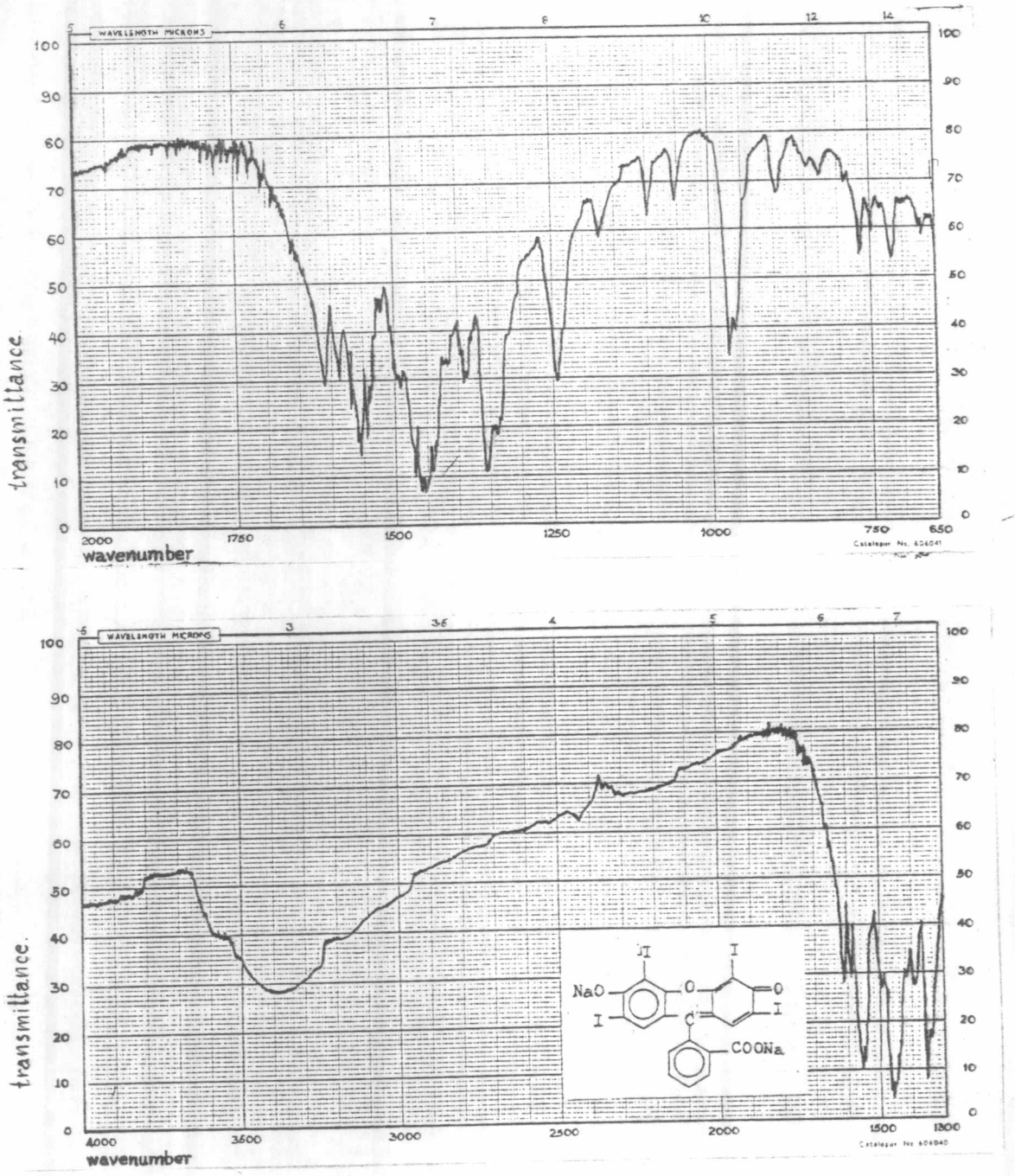
จากอินฟราเรดสเปกตราของสีแต่ละชนิดจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของสี ซึ่งจะมีประโยชน์ในการวิเคราะห์และการตรวจสอบสีซึ่งจะแสดงลักษณะพิ้งชันนัดกรูปต่าง ๆในสีนั้น แต่ก็มีข้อเสียที่ว่า ตัวอย่างสีที่ใช้ทดสอบจะต้องบริสุทธิ์และมีปริมาณมากพอสมควร แต่การนำไปใช้ในการวิเคราะห์สีในพวกอาหารตัวอย่างนั้นค่อนข้างยากเพราะสีที่แยกออกมาได้ปริมาณน้อยและไม่บริสุทธิ์มากพอเพียงที่จะนำไปตรวจการดูดกลืนแสงอินฟราเรดได้



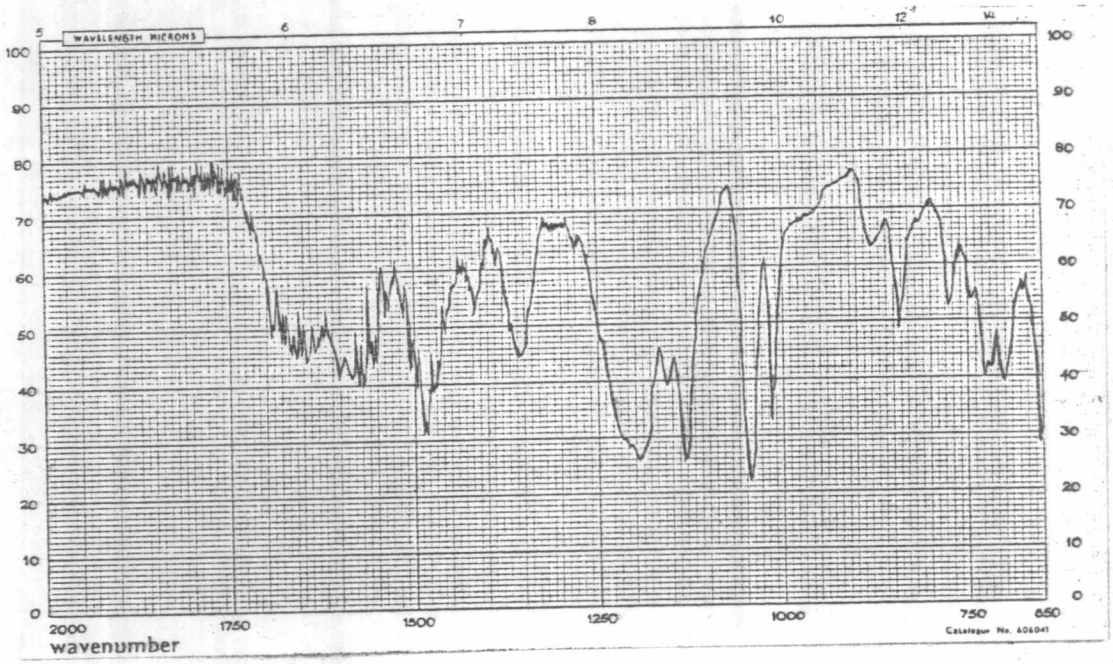
รูปที่ 35 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ ปองโซ 4 อาร์ ในจำนวนช่วงคลื่น 650 -2000 เซนติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$

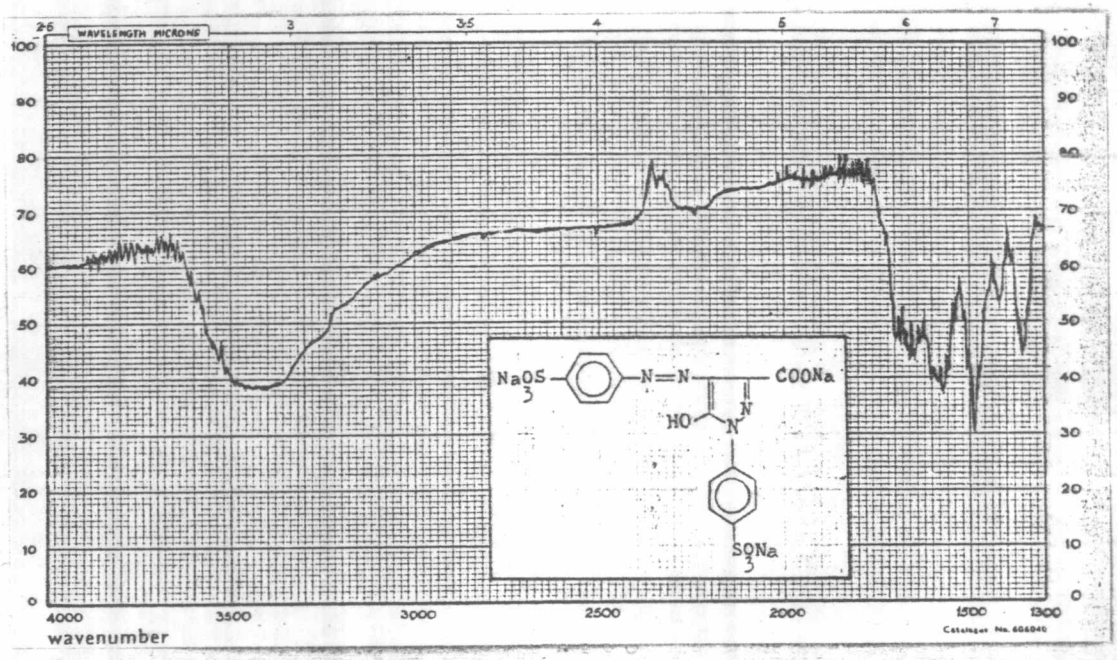


รูปที่ 36 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ เอโซรูบินในย่านจำนวนคลื่น 650 - 2000 เซนติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$

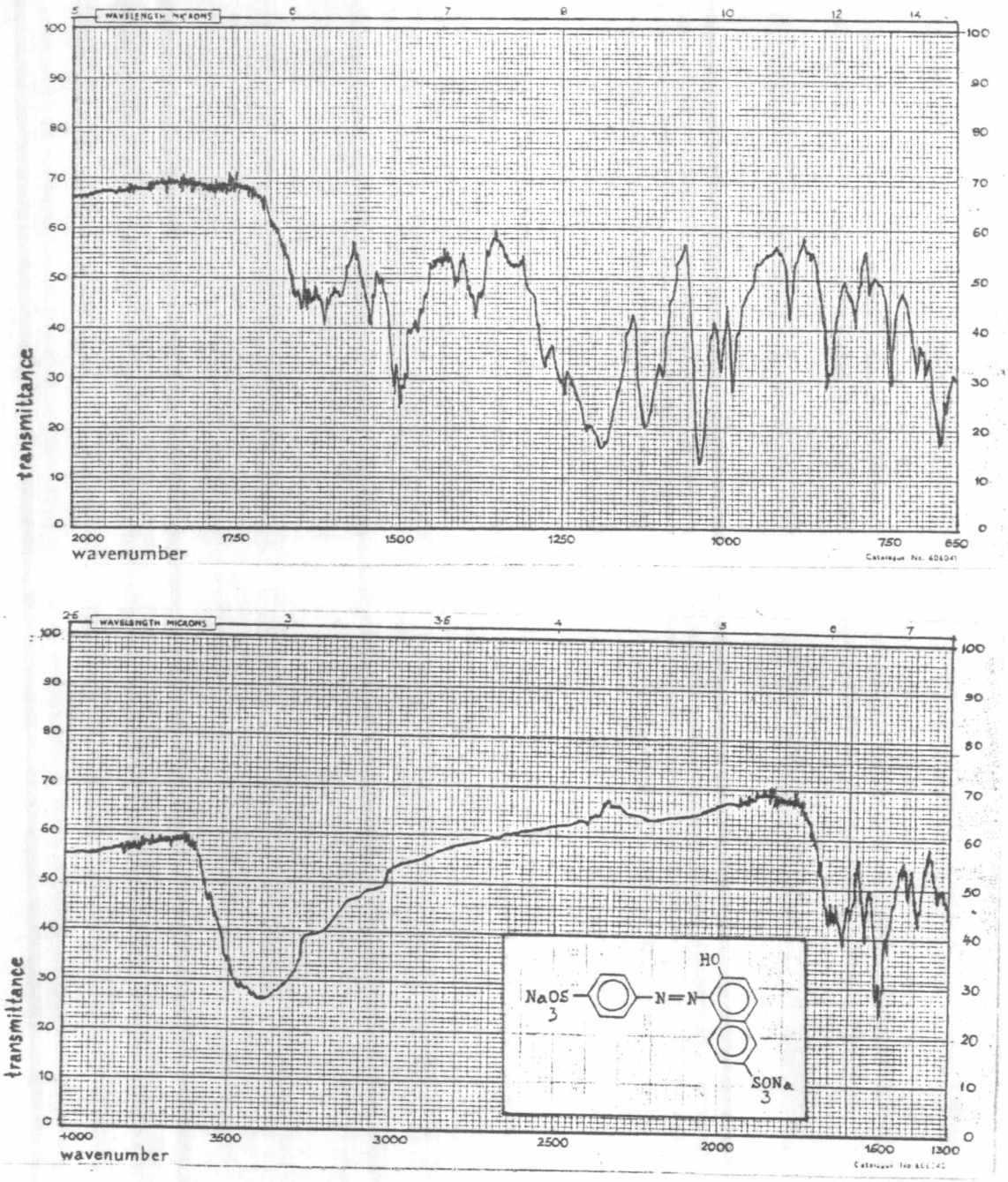


รูปที่ 37 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของเออริโทรซีน ในช่วงจำนวนคลื่น 650 - 2000 เซนติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$

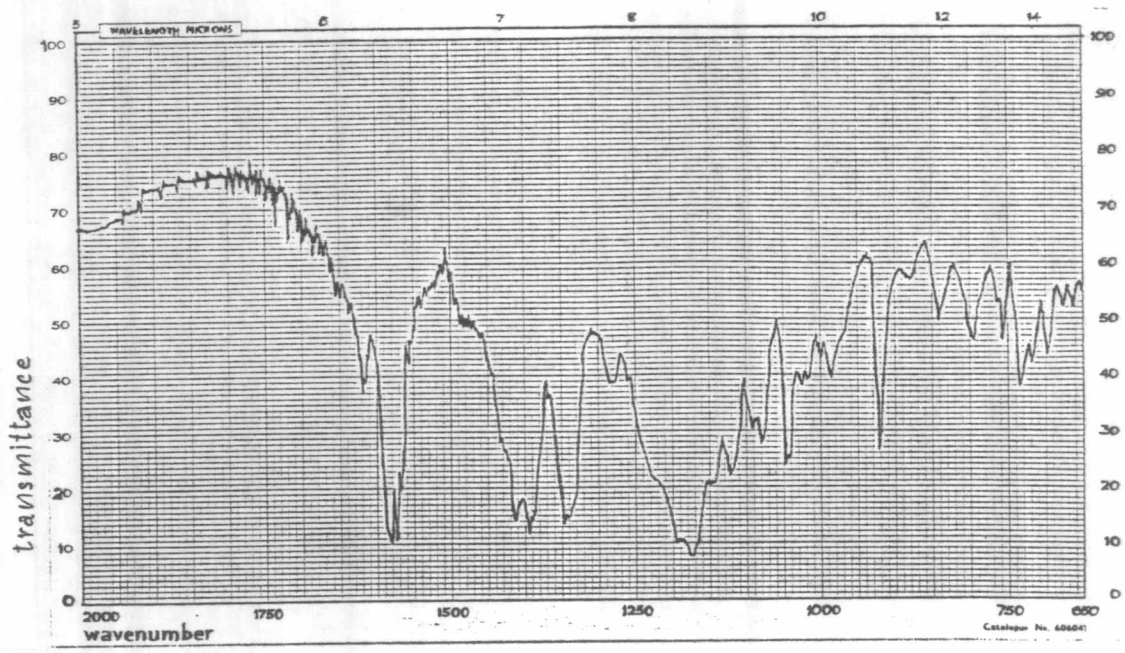


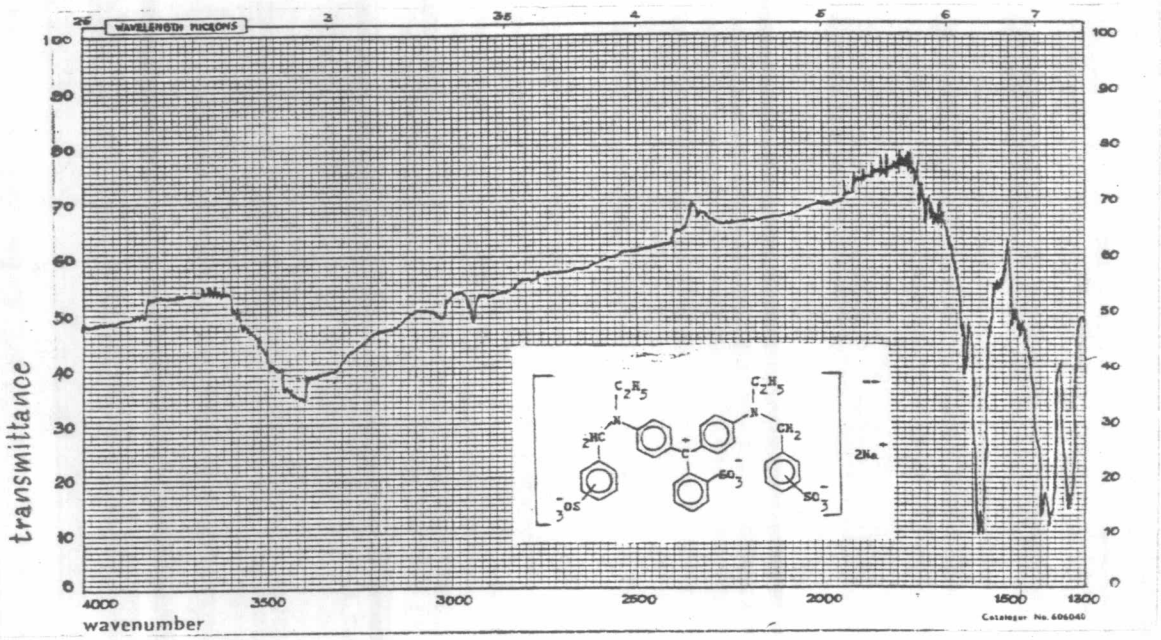


รูปที่ 38 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ ตาร์ตราซีน ในช่วงจำนวนคลื่น 650 - 2000 เซนติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$

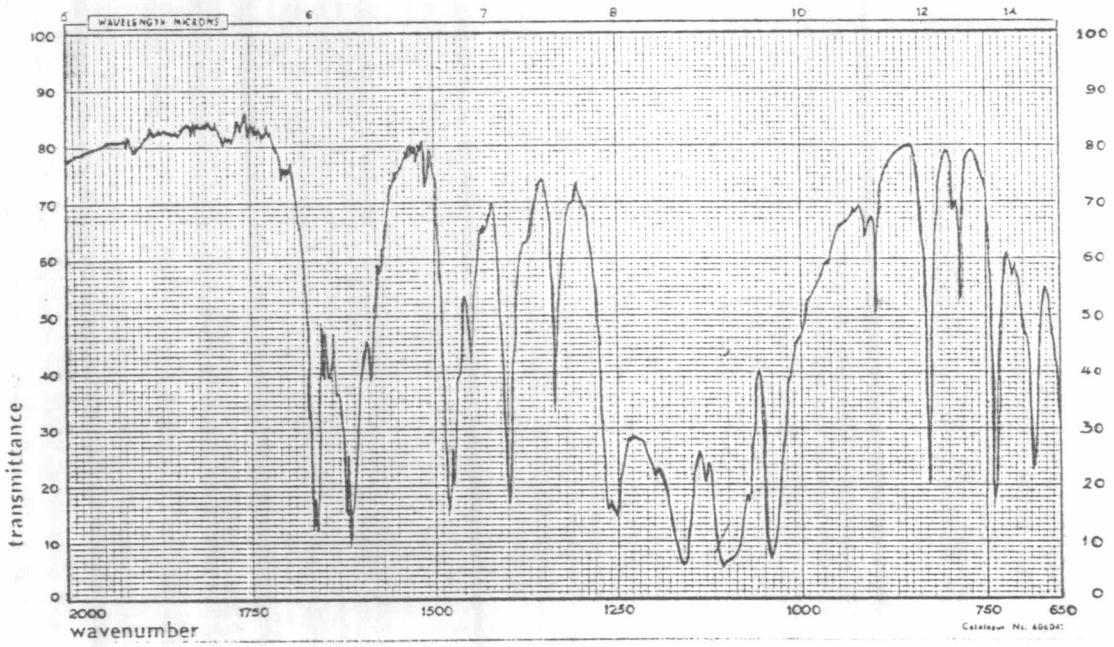


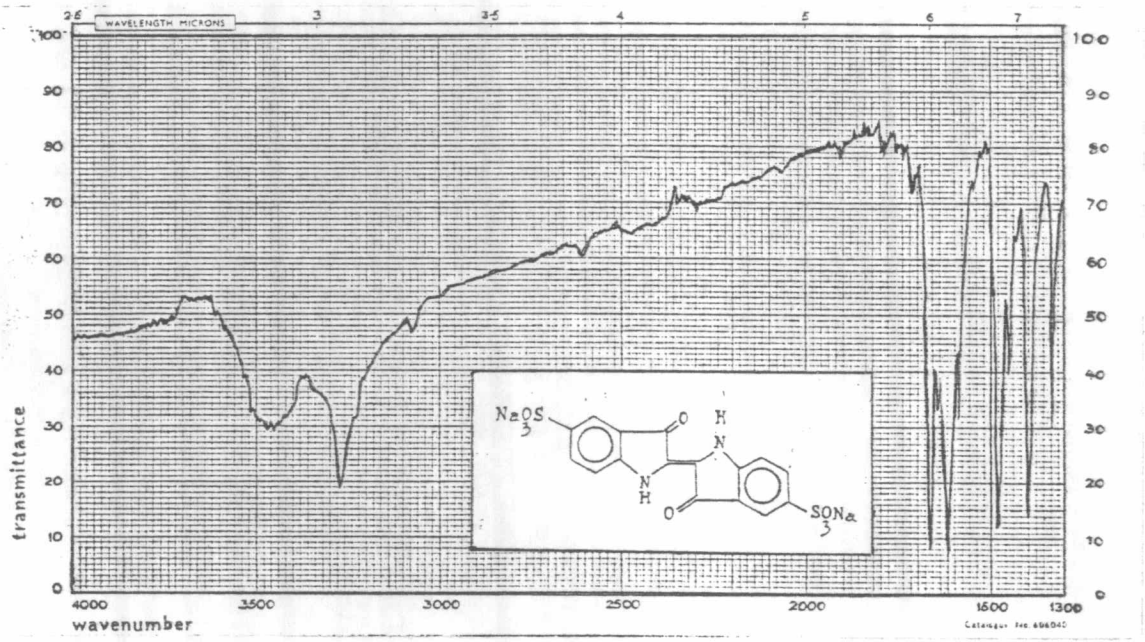
รูปที่ 39 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ ซันเซ็ต เยลโลว์ เอฟ ซี เอฟ ในช่วงจำนวนคลื่น 650 - 2000 เซ็นติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซ็นติเมตร$^{-1}$



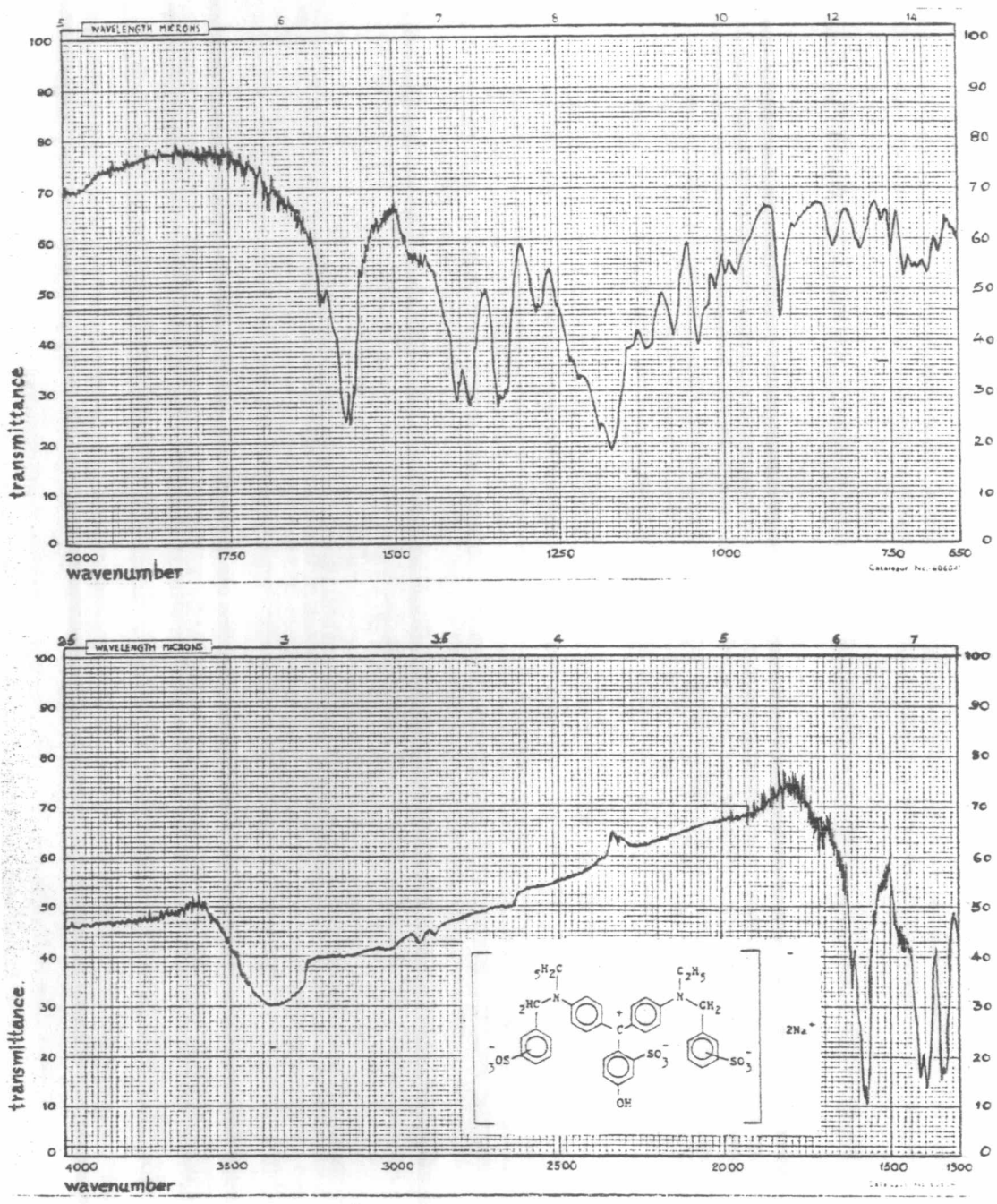


รูปที่ 40 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ ในย่านจำนวนคลื่น 650 - 20000 เซนติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$

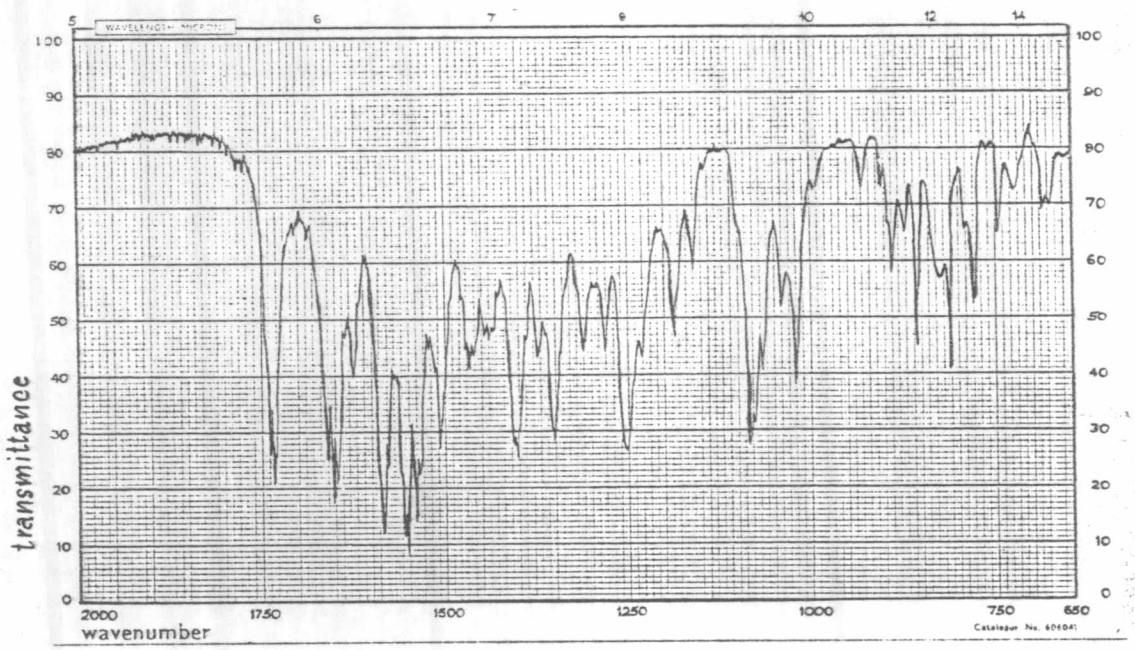


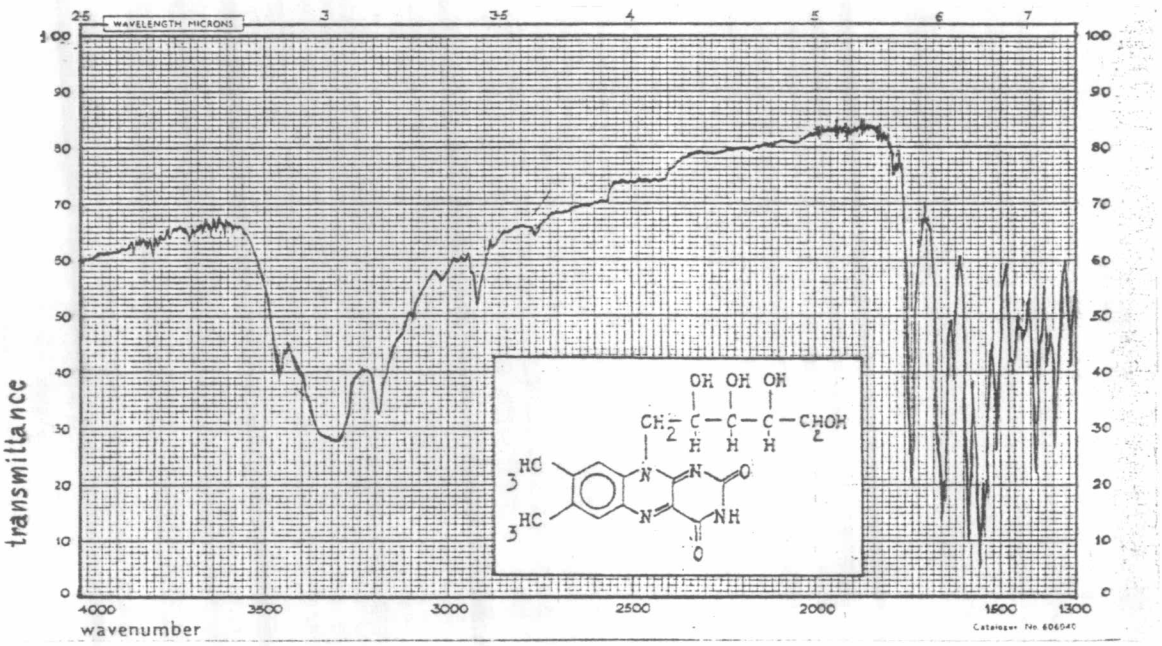


รูปที่ 41 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ อินดิโกคาร์มีน ในย่านจำนวนคลื่น 650 - 2000 เซนติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$

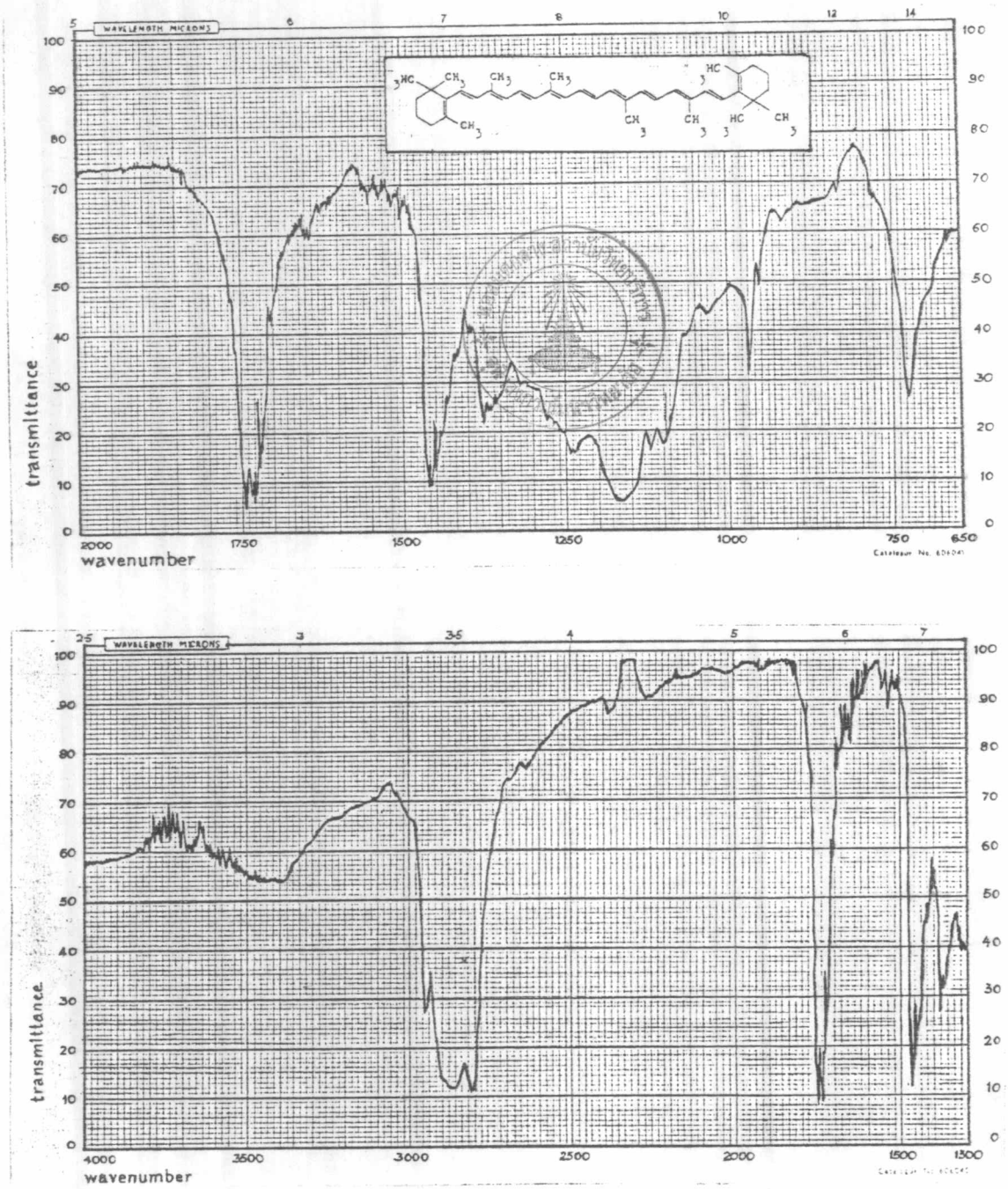


รูปที่ 42 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของฟาสท์ กรีน เอฟ ซี เอฟ ในช่วงจำนวนคลื่น 650 - 2000 เซนติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$

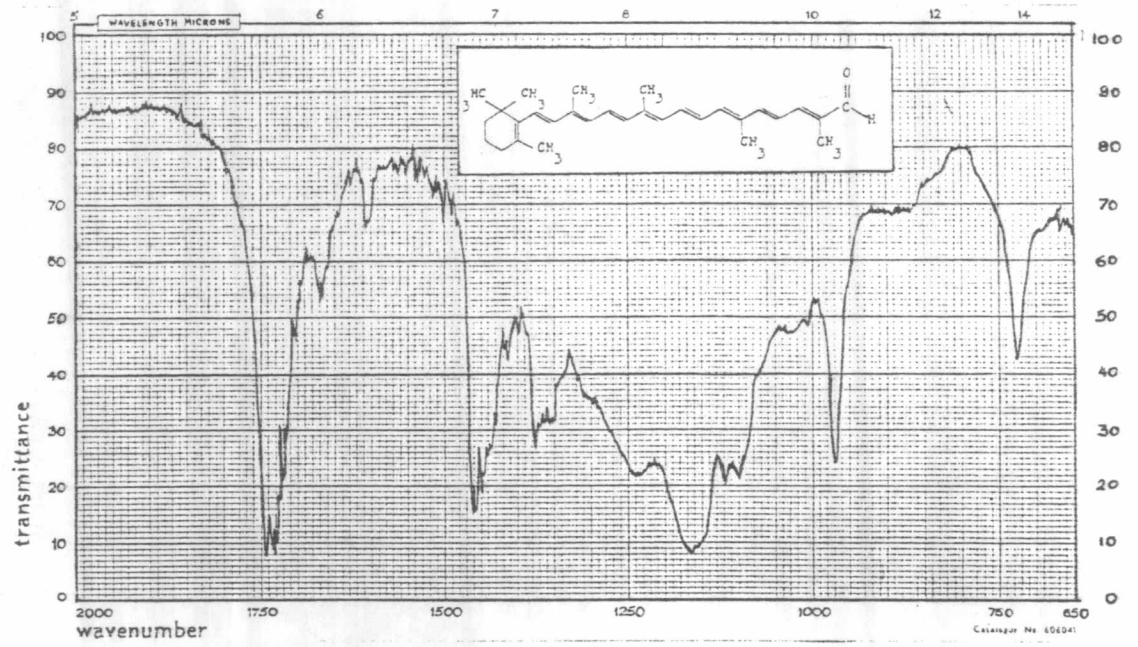


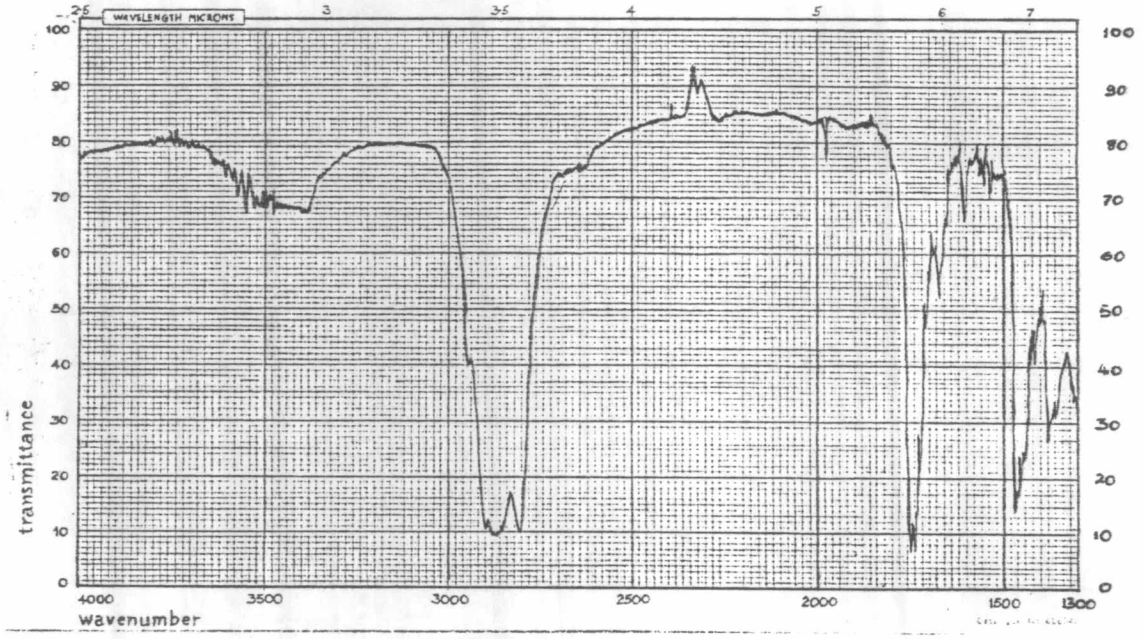


รูปที่ 43 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ ไรโบฟลาวิน ในช่วงจำนวนคลื่น 650 - 2000 เซนติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$

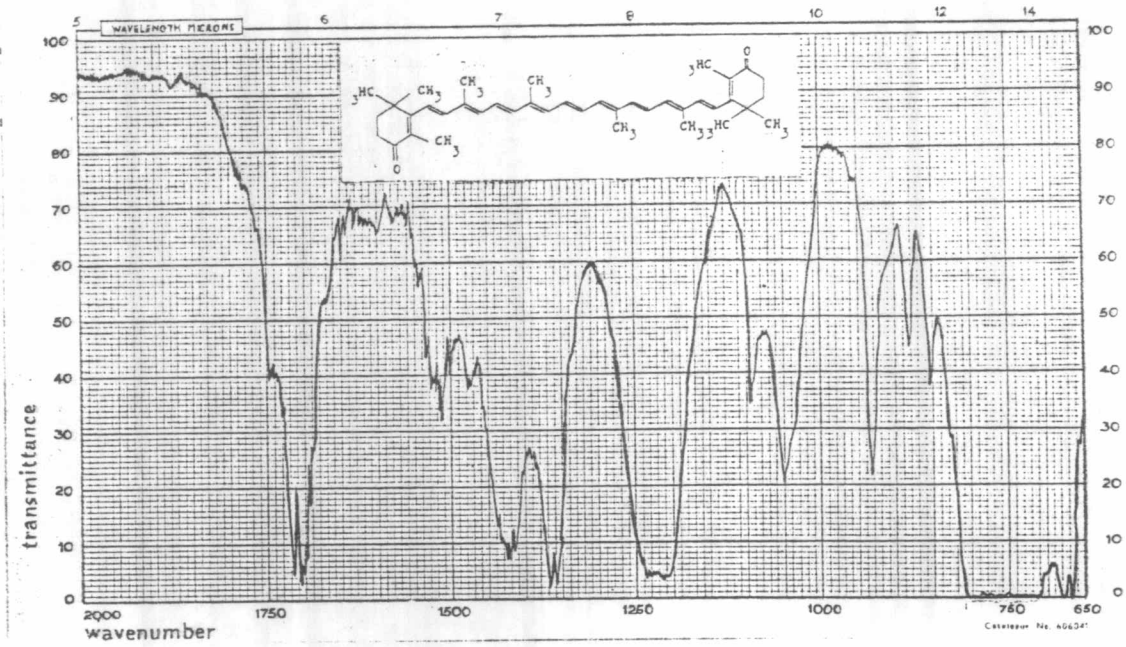


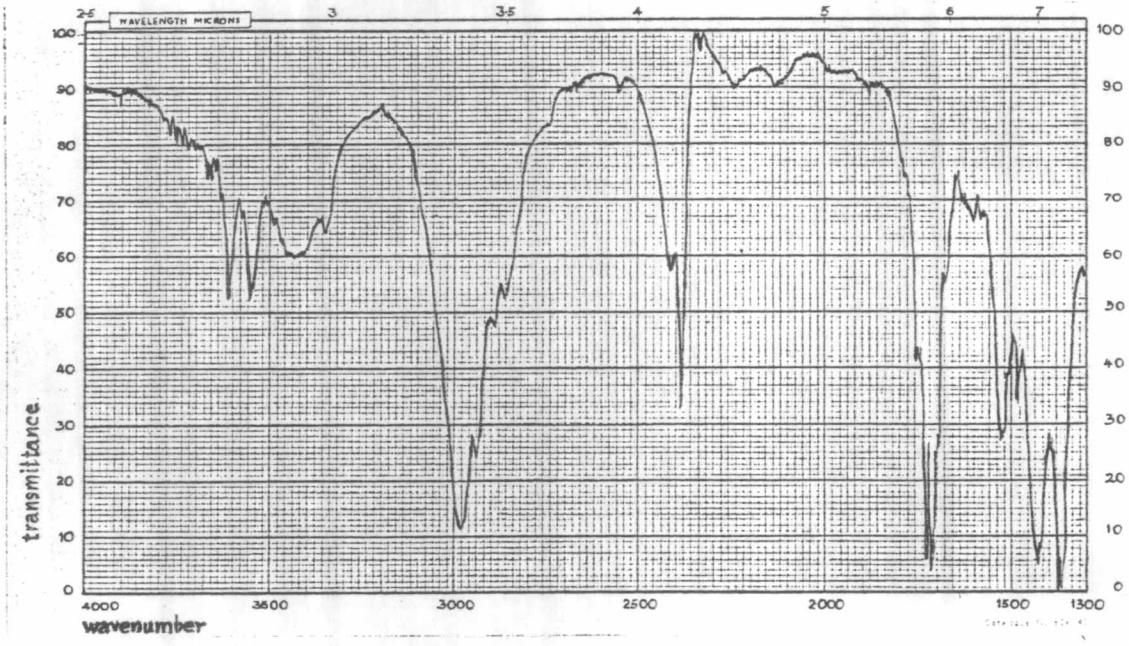
รูปที่ 44 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ เบตา - คาโรทีน ในช่วงจำนวนคลื่น 650 - 2000 เซนติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$



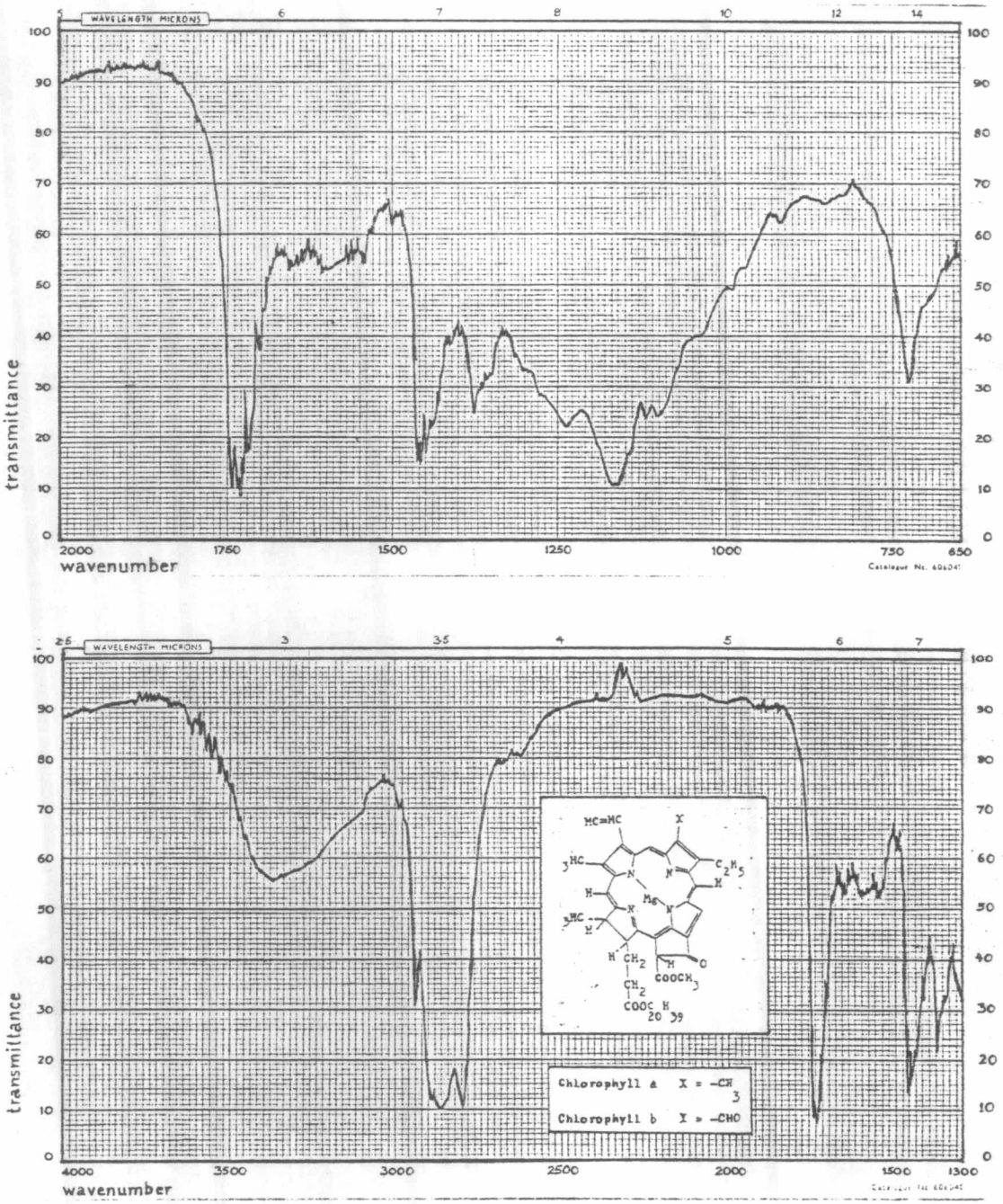


รูปที่ 45 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ เบตา - อะโป - 8' - คาโรทีนาล ในช่วงจำนวนคลื่น 650 - 2000 เซนติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$





รูปที่ 46 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของ แคนทาแซนทิน ในช่วงจำนวนคลื่น 650 - 2000 เซนติเมตร$^{-1}$ และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$



รูปที่ 47 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของคลอโรฟิลล์

ในช่วงจำนวนคลื่น 650 - 2000 เซนติเมตร$^{-1}$

และ 1300 - 4000 เซนติเมตร$^{-1}$

4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสีผสมอาหารที่มีต่อสารเคมีต่าง ๆ

จากการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสีผสมอาหารที่มีต่อสารเคมีต่าง ๆ นั้น ได้ทำการทดลองกับสีผสมอาหารที่ละลายน้ำได้และสีผสมอาหารที่ละลายในตัวทำละลายสารอินทรีย์

4.4.1 สีผสมอาหารที่ละลายน้ำได้

1. ผลการศึกษาปฏิกิริยาทางเคมีของสีผสมอาหารที่เป็นผงกับสารเคมีต่าง ๆ ได้ทำการทดลองตามข้อ 3.2.4 ก.1 และได้แสดงผลการเปลี่ยนแปลงสีของสีผสมอาหารแต่ละชนิดไว้ในตารางที่ 14 จากตารางนี้จะเห็นว่าสีแต่ละชนิดเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกเข้มข้นแล้วสีจะเปลี่ยนไปจากสีเดิมที่เป็นผง ทั้งนี้กรดซัลฟูริกคงไปทำปฏิกิริยาเคมีกับพังชันนัลกรุปบางอย่าง และเมื่อเติมน้ำดีไอออนไนซ์ลงไปเพื่อทำให้สารละลายเจือจางลงก็จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงของสีอีกครั้งหนึ่งซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีแต่ละครั้งจะเป็นลักษณะเฉพาะตัวของสีนั้น ๆ ด้วย

ตารางที่ 14 แสดงผลของการทดลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีต่าง ๆ ที่เป็นผงต่อสารเคมีบางชนิด

สีตัวอย่าง	สีของสารตัวอย่างที่เป็นผง	สีของสารละลายเมื่อเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น	
		ก่อนทำให้เจือจาง	หลังทำให้เจือจาง
ปองโซ 4 อาร์	แดงส้ม	ม่วงแดง	แดง
เอโซรูบิน	แดงม่วง	ม่วงน้ำเงิน	แดงม่วง
เออริโทรซีน	แดง	ส้มเหลือง	แดงชมพู
ตาร์ตราซีน	ส้ม	เหลือง	เหลือง
ซันเซ็ต เยลโลว์ เอฟ ซี เอฟ	ส้ม	แดงส้ม	เหลืองส้ม
บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ	น้ำเงิน	เหลือง	เขียวเหลือง
อินดิโกคาร์มีน	น้ำเงิน	น้ำเงินม่วง	น้ำเงิน
ฟาสท์ กรีน เอฟ ซี เอฟ	เขียวน้ำเงิน	เหลือง	น้ำเงินเขียว
ไรโบฟลาวิน	เหลือง	เหลืองแดง	เหลือง

2. ผลการศึกษาปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสารละลายสีกับสารเคมีต่าง ๆ จากการทดลองตามข้อ 3.2.4 ก. 2 ได้ผลของการทดลองของสี กับ กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น และ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ขั้น10% (น้ำหนัก/ปริมาตร) ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายสีต่าง ๆ ต่อสารเคมีบางชนิด

สีตัวอย่าง	สีของสารละลายในน้ำ	เมื่อเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น	เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ขั้น 10 %
ปองโซ 4 อาร์	แดงส้ม	ไม่เปลี่ยนแปลง	น้ำตาลแดง
เอโซรูบิน	แดงม่วง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ส้ม
เออริโทรซีน	แดงชมพู	เหลืองแล้วจางหายไป	ไม่เปลี่ยนแปลง
ตาร์ตราซีน	เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ซันเซต เยลโลว์ เอฟ ซี เอฟ	เหลืองส้ม	ไม่เปลี่ยนแปลง	แดงส้ม
บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ	น้ำเงินฟ้า	เขียวน้ำเงิน	ไม่เปลี่ยนแปลง
อินดิโกคาร์มีน	น้ำเงินดำ	ไม่เปลี่ยนแปลง	เขียว
ฟาสท์ กรีน เอฟ ซี เอฟ	เขียวน้ำเงิน	เขียวเหลือง	ม่วง
ไรโบฟลาวิน	เหลือง	เหลืองเขียว	เหลืองเข้ม

จากตารางที่ 15 จะเห็นว่า สารละลายสีเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น สีบางตัวก็ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ยังคงเห็นสีของสารละลายเหมือนเดิม เช่น สีปองโซ 4 อาร์, เอโซรูบิน, ตาร์ตราซีน, ซันเซ็ต เยลโลว์ เอฟ ซี เอฟ และอินดิโกคาร์มีน แต่สีที่กล่าวมานี้เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายไปจากเดิม แต่ก็มีสีบางชนิดที่ทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ได้แก่

สีเออริโทรซีน, ตาร์ตราซีน และ บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ และสีเหล่านี้ก็เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น นอกจากนี้ยังมีสีอีก 2 ชนิดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น และ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ แต่อย่างไรก็ตามจากตารางที่ 15 นี้จะเห็นว่าสีที่อยู่ในสภาพเป็นสารละลายแม้จะมีสีของสารละลายคล้ายคลึงกันเราก็สามารถใช้ปฏิกิริยาทางเคมีช่วยวิเคราะห์ชนิดของสีได้ เช่น กรณีมีสารละลายสีแดงซึ่งไม่รู้ว่าจะจะเป็นสีแดงของปองโซ 4 อาร์, เอโซรูบิน หรือ เออริโทรซีน ถ้าให้สารละลายสีแดงทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น ถ้าพบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองแล้วจางหายไป สีนั้นน่าจะเป็นเออริโทรซีน แต่ถ้าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ก็แสดงว่าสีอาจเป็นปองโซ 4 อาร์ หรือเอโซรูบิน ต้องดูผลการทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จะเห็นว่าให้ผลแตกต่างกันตามตารางที่ 15 จึงสามารถบอกได้ว่า สารละลายสีแดงเป็นสีใดแน่นอน นำอีกส่วนมาวิเคราะห์โดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ถ้าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ แสดงว่า สารละลายสีแดงที่สงสัยนั้นเป็นเออริโทรซีน ประโยชน์ของการศึกษาในข้อนี้ถ้าเปรียบเทียบตารางที่ 14 และ 15 จะเห็นว่า สีที่เป็นสารละลายกับผงต่างก็ให้ผลการทดลองแตกต่างกันออกไปแต่ต่างก็ให้ประโยชน์ในการบ่งบอกชนิดของสีได้เป็นอย่างดี

3. ผลการศึกษาปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างสีผสมอาหารที่ย้อมติดบนไหมพรมกับสารเคมีต่าง ๆ จากผลของการทดลองศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีผสมอาหารที่ย้อมติดบนไหมพรมกับกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น, กรดซัลฟูริกเข้มข้น, สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 % และสารละลายแอมโมเนีย เข้มข้น ตามที่กล่าวในข้อ 3.2.4 ก.3 ได้แสดงอยู่ในตารางที่ 16

ซึ่งถ้าพิจารณาจากตารางนี้จะเห็นว่า สีที่ย้อมติดบนไหมพรมสามารถให้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงสี เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดและด่างต่าง ๆ กัน ในสีชนิดเดียวกันเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดหรือด่างต่างชนิดกันก็ยังให้ผลที่แตกต่างกันได้ในบางครั้ง เช่น สีเอโซรูบิน เมื่อทำปฏิกริยากับกรดไฮโดรคลอริกจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ถ้าทำปฏิกริยากับกรดซัลฟูริก จะเปลี่ยนจากสีแดงม่วงเป็นสีม่วง แต่สีเอโซรูบินเมื่อทำปฏิกิริยากับด่าง 2 ชนิด จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีแดงเหมือนกัน ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากกรดซัลฟูริก และกรดไฮโดรคลอริก มีความแก่ต่างกัน จึงทำให้เกิดปฏิกริยากับฟังชันนัลกรุ๊ปต่างกันได้ และกรณีด่าง 2 ชนิดก็ให้การเปลี่ยนแปลงของสีเอโซรูบินเหมือนกันได้ ซึ่งอาจเป็น

ตารางที่ 16 แสดงผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีที่ย้อมไหมพรมติดเมื่อทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด

สีตัวอย่าง	สีที่ย้อมติดบนไหมพรม	กับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น	กับกรดซัลฟูริกเข้มข้น	กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 %	กับแอมโมเนียเข้มข้น
ปองโซ 4 อาร์	แดง	จางลง	เหลือง	จางลง	จางลง
เออริโทรซีน	แดง	ส้มเหลือง	ส้มเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ตาร์ตราซีน	เหลือง	สีเข้มขึ้น	สีเข้มขึ้น	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ซันเซต เยลโลว์ เอฟ ซี เอฟ	ส้ม	ส้มแดง	ส้มแดงเข้ม	น้ำตาล	ไม่เปลี่ยนแปลง
บริลเลียนท์ บลู เอฟ ซี เอฟ	น้ำเงิน	เหลือง	เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
อินดิโกคาร์มีน	ครามเขียวน้ำเงิน	สีเข้มขึ้น	ครามดำเขียวเปลี่ยนเป็นน้ำตาล	เหลืองเขียว	น้ำเงินเขียว
ฟาส์ท กรีน เอฟ ซี เอฟ		ส้ม		น้ำเงิน	น้ำเงิน
ไรโบฟลาวิน	เหลือง	เหลืองเขียว	น้ำตาล	เหลืองส้ม	เหลืองส้ม
เอโซรูบีน	แดงม่วง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ม่วง	แดง	แดง

เพราะความแก่ของต่างทั้งสองไม่มีผลต่อฟังชันนัลกรุปในสีเหล่านี้ได้

จากการเปรียบเทียบผลการศึกษาปฏิกิริยาทางเคมีของสีผสมอาหารที่ละลายน้ำได้ ในสภาพเป็นผง, เป็นสารละลาย และสภาพที่ย้อมติดบนไหมพรมที่ทำด้วยขนสัตว์บริสุทธิ์ 100 % จะเห็นว่าสีชนิดเดียวกันเมื่ออยู่ในสภาพต่างกันออกไป แม้จะทำปฏิกิริยากับกรดชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดเดียวกันก็อาจให้ผลการเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไปได้ การศึกษาอันนี้ทำให้เห็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้วิเคราะห์ทางเคมีของสีที่ต้องการวิเคราะห์จากสารตัวอย่างได้ด้วย

4.4.2 สีผสมอาหารที่ละลายในตัวทำละลายสารอินทรีย์

จากการทดลองข้อ 3.2.4 ข. นั้น ได้แสดงผลการทดลองไว้ในตารางที่ 17 ซึ่งเป็นผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีที่ทำปฏิกริยากับ กรดและด่างโดยตรง ก็จะเห็นว่า สีแต่ละชนิดให้การเปลี่ยนแปลงที่ต่างกันออกไป อันเป็นประโยชน์ในการบ่งบอกชนิดของสีได้เพราะต่างก็ให้การเปลี่ยนแปลงที่เป็นลักษณะเฉพาะของสีแต่ละชนิด

ตารางที่ 17 แสดงการเปลี่ยนแปลงของสีต่าง ๆ ที่ละลายในตัวทำละลายสารอินทรีย์ต่อสารเคมีบางชนิด

สีตัวอย่าง	สีของสีตัวอย่าง	เมื่อเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น	เมื่อเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ยัน 10 % (น้ำหนัก/ปริมาตร)	เมื่อเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น	เมื่อเติมสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น
เบตา - คาโรทีน	สีส้มแดง	ส้มเหลือง	ส้มเหลือง	น้ำเงินดำ	ส้ม
เบตา - อะโป - 8' คาโรทีนาล	สีส้มเหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ส้มแดง	น้ำเงินดำ	ส้มเหลือง
แคนทาแซนทีน	แดงม่วง	น้ำตาล	แดง	เขียวน้ำเงิน	แดงส้ม
คลอโรฟิลล์	เขียวดำ	เขียว	ไม่เปลี่ยนแปลง	เขียวน้ำตาล	เขียวอ่อน

4.5 ผลการวิเคราะห์สีในสารตัวอย่าง

จากผลการทดลองในข้อ 4.1, 4.2 และ 4.4 ทำให้นำมาใช้ในการวิเคราะห์สีในสารตัวอย่างโดยที่ผลจากการทดลองข้อ 4.1.1 ทำให้สามารถเลือกสารละลายที่เป็นโมไบล์เฟสที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์ซึ่งในสารละลาย 12 ชนิดจะเห็นว่า ค่า R_f ที่ได้ของสีแต่ละชนิดแตกต่างกันไปตามตารางที่ 6 และสามารถนำมาใช้บ่งบอกถึงชนิดสีนั้นได้ โดยที่เลือกสารละลายที่เหมาะสมในการวิเคราะห์อย่างน้อย 2 ชนิด ถ้าสารละลาย 2 ชนิดที่เลือกใช้ในการวิเคราะห์ให้ผลการตรวจสอบไม่แน่ชัดก็เลือกสารละลายที่เป็นโมไบล์เฟสใหม่ ในการวิเคราะห์สีในสารตัวอย่างครั้งนี้ได้พิจารณาเลือก สารละลายที่ 2 และสารละลายที่ 5 เป็นโมบายเฟสทั่วไปในการวิเคราะห์กรณีสารละลายทั้ง 2 นี้ไม่สามารถบอกสีในสารตัวอย่างได้ก็จะเลือกสารละลายใหม่ โดยพิจารณาจากโมไบล์เฟสที่เหลือส่วนกรณีที่พบว่า สารตัวอย่างเป็นสีผสมก็นำค่า R_f มาเทียบกับตารางที่ 8 ได้ทันที โดยพิจารณาจากสารละลายที่สามารถแยกสีที่ผสมจากกันได้ดีที่สุด ซึ่งในการทดลองแต่ละครั้งต้องทำพร้อม ๆ กันทั้งสีที่ใช้เป็นมาตรฐานกับสีที่แยกได้จากสารตัวอย่าง

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี จะเลือกเงื่อนไขที่เหมาะสมจากผลการทดลองข้อ 4.2 พิจารณาจากตาราง 9, 11 และ 12 จากตารางที่ 9 และ 12 พร้อมกับพิจารณาแอบซอบชันสเปกตราซึ่งได้จากการศึกษาวัดแอบซอบชันของสีในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH ต่าง ๆ กัน โดยเลือกวิเคราะห์สีแต่ละชนิดโดยพิจารณาว่า pH ใดให้ค่า absorbance ที่สูงที่สุดหรือให้ sensitivity สูงต่อการวิเคราะห์และพิจารณาเลือกช่วงpH ที่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นน้อยที่สุด จากตารางที่ 9 และ 12 กับ แอบซอบชันสเปกตราจะทำให้เลือก pH ที่เหมาะสมของการวิเคราะห์สีแต่ละตัวได้ดังตารางที่ 10

สำหรับผลการวิเคราะห์ ในข้อ 4.4 เป็นการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสี เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารเคมีโดยนำสีที่แยกได้จากสารตัวอย่างมาตรวจสอบ ถ้าเป็นสีที่ละลายน้ำได้ก็ตรวจสอบตามข้อ 3.2.4 ก. เปรียบเทียบผลที่ได้กับตารางที่ 14, 15, และ 16 และถ้าเป็นสีที่ละลายในสารอินทรีย์ทดลองตามข้อ 3.2.4 ข. แล้วเทียบผลที่ได้กับตารางที่ 17

ตัวอย่าง การวิเคราะห์สีในอาหาร เช่น การวิเคราะห์สีในไส้กรอกหมู ของบริษัทบางกอกแฮม

นำไส้กรอกหมูมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อจะให้สีแยกออกมาได้ง่ายขึ้น ทำการแยกสีตามข้อ 3.2.5.1.1 ง. และทำให้สีที่แยกได้ให้บริสุทธิ์ ตามข้อ 3.2.5.1.2 จึงนำมาวิเคราะห์ตามข้อ 3.2.5.1.3 โดยแบ่งสารละลายของสีเป็น 3 ส่วน แล้วนำไปวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

วิเคราะห์ทางเคมี แบ่งสารละลายสีออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนแรกนำไปทำให้แห้ง หยดกรดซัลฟูริก เข้มข้น ลงไป สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีจะเห็นว่า เป็นสีม่วงน้ำเงิน แล้วเติมน้ำลงไปประมาณ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะกลายเป็นสีแดงม่วง

ส่วนที่สอง นำไปแบ่งออกอีกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งทำปฏิกริยากับกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง และเมื่อทำปฏิกริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 10 % (น้ำหนัก/ปริมาตร) จะเปลี่ยนเป็นสีส้ม

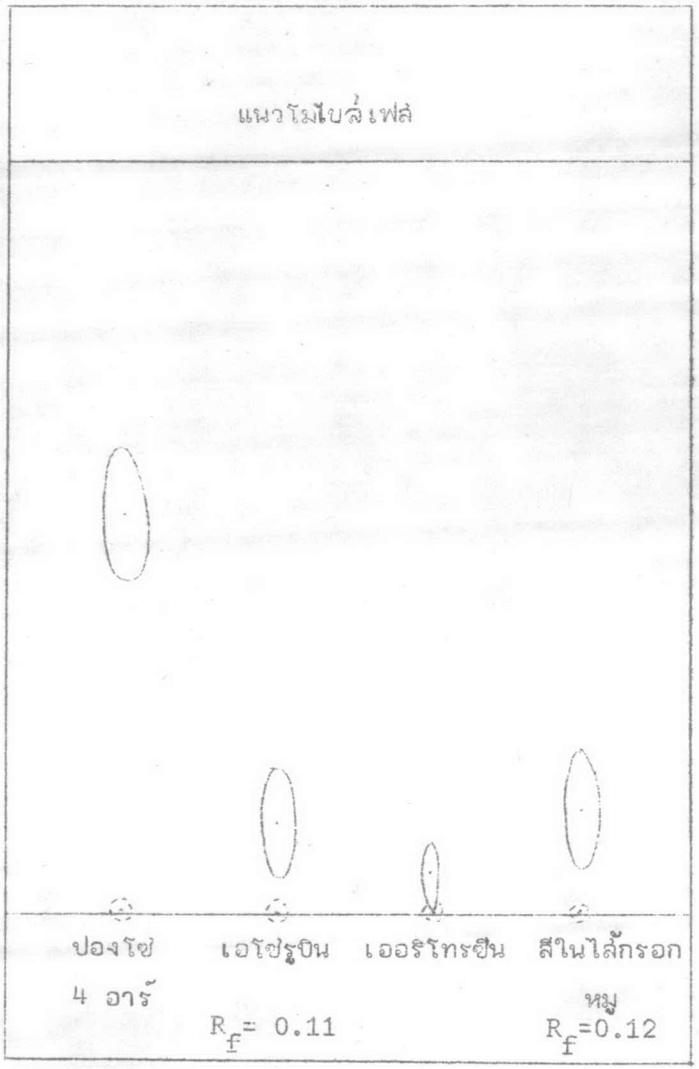
สารละลายส่วนที่สาม นำไปย้อมสีให้ติดบนไหมพรมแล้วตรวจสอบกับกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น จะไม่เปลี่ยนแปลงสี เมื่อทำปฏิกริยากับกรดซัลฟูริก เข้มข้น จะเปลี่ยนจากสีแดงม่วงเป็นสีม่วง เมื่อหยดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 10 % (น้ำหนัก/ปริมาตร) ลงไปจะเปลี่ยนเป็นสีแดง และหยดแอมโมเนียลงไปจะเปลี่ยนจากสีแดงม่วงเป็นสีแดง

จากปฏิกริยาของสี กับกรด และด่าง ที่ทดสอบมานี้เมื่อเทียบกับตารางที่ 14, 15 และ 16 จะทำให้คิดได้ว่า สีในไส้กรอกหมู ควรเป็นเอโซรูบิน

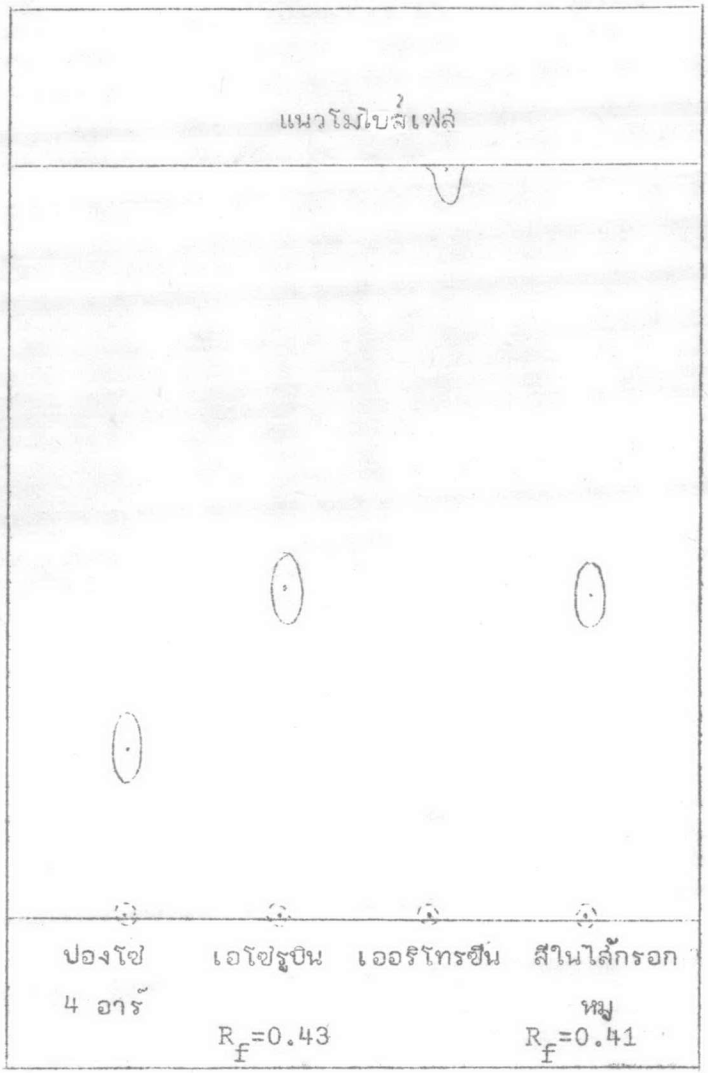
วิเคราะห์ด้วยเปเปอร์โครมาโตกราฟี

นำน้ำสีส่วนนี้ที่แยกได้ซึ่งเป็นสีแดงไปหยดลงบนกระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1 และกระดาษกรองที่เตรียมไว้เพื่อศึกษาผลเปรียบเทียบกัน ในการทำการทดลองจะต้องนำสีผสมอาหารที่ใช้เป็นมาตรฐาน โดยพิจารณาเลือกสีที่เหมือน ๆ กับสีที่แยกได้จากไส้กรอกโดยใช้สารละลายที่ 2 และ 5 ลักษณะของโครมาโตแกรมในแต่ละสารละลาย ดังที่แสดงในรูปที่ 48 และ 49

ขั้นสุดท้าย นำน้ำสีที่เหลือไปทดสอบด้วย วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี โดยเตรียมสารละลายสี ตามตารางที่ 10 โดยเลือกใช้ pH 3 ปันทึกสเปกตรัมออกมาในช่วง 600 - 300 นาโนเมตร แล้วพิจารณาลักษณะของสเปกตรัมที่ได้พบว่า ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดีที่สุดเป็น



รูปที่ 48 ลักษณะโครมาโตแกรมของสีในไล้กรอกหมู เทียบกับสีมาตรฐาน ทำในสารละลายที่ 2 โดยใช้กระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1



รูปที่ 49 ลักษณะโครมาโตแกรมของสีในไล้กรอกหมู เทียบกับสีมาตรฐาน ทำในสารละลายที่ 5 โดยใช้กระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1

จากค่า R_f ที่คำนวณได้ของสีในไล้กรอกหมู จะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกับค่า R_f ของเอโซรูบิน จึงควรจะเป็นสีเอโซรูบิน

ประมาณ 512.5 นาโนเมตร ซึ่งตรงกับ สีเอโซรูบิน

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ทั้ง 3 อย่างนี้ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า สีที่อยู่ในไส้กรอกหมูของบางกอกแฮมเป็นสีเอโซรูบิน

สำหรับในการทดลองนี้ ได้ทำการวิเคราะห์สีในอาหารประมาณ 200 ตัวอย่าง ด้วยเทคนิคต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว ผลการทดลองได้แสดงในตารางที่ 18 นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์สีในลิปสติกประมาณ 30 ชนิด ด้วยวิธีการเดียวกัน กับที่ใช้ในการวิเคราะห์อาหาร แต่การวิเคราะห์ทางเคมีจะไม่ให้ผลที่บ่งบอกได้ เพราะในลิปสติกมักจะประกอบด้วยสีหลายชนิด การเปลี่ยนแปลงสีจึงไม่แน่นอนลงไป แม้ในทางสเปกโตรโฟโตเมตรีก็ไม่ให้ผลเช่นกัน เนื่องจากเป็นสเปกตราของสีผสมเทียบกับสีมาตรฐานไม่ได้ แต่ผลจากเปเปอร์โครมาโตกราฟีสามารถบอกได้ดีกว่าและผลการทดลองแสดงใน ตารางที่ 19

ตารางที่ 18 แสดงผลการวิเคราะห์สีในอาหารตัวอย่างจากสถานที่ต่าง ๆ

รายการที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง หรือ เครื่องหมายการค้า	สีที่ตรวจพบ
1	วุ้นกรอบ สีเขียว	ตลาดประแจจีน ยมราช	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
2	วุ้นกรอบ สีเหลือง	ตลาดประแจจีน ยมราช	ตาร์ตราซีน
3	วุ้นกรอบ สีชมพู	ตลาดประแจจีน ยมราช	สีย้อม
4	วุ้นกรอบ สีเขียว	สะพานควาย	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
5	วุ้นกรอบ สีเหลือง	สะพานควาย	ตาร์ตราซีน
6	วุ้นกรอบ สีชมพู	สะพานควาย	สีย้อม
7	วุ้นกรอบ สีเขียว	สนามหลวง	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
8	วุ้นกรอบ สีเหลือง	สนามหลวง	ตาร์ตราซีน
9	วุ้นกรอบสีชมพู	สนามหลวง	สีย้อม
10	วุ้นกรอบ สีส้ม	สนามหลวง	ตาร์ตราซีน และสีย้อม
11	วุ้นกรอบ สีชมพู	บางลำภู	สีย้อม
12	วุ้นกรอบ สีเขียว	บางลำภู	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
13	วุ้นกรอบ สีเหลือง	บางลำภู	ตาร์ตราซีน
14	วุ้นกรอบ สีชมพู	ตลาดจังหวัดนนทบุรี	สีย้อม
15	วุ้นกรอบ สีเขียว	ตลาดจังหวัดนนทบุรี	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
16	วุ้นกรอบสีเหลือง	ตลาดจังหวัดนนทบุรี	ตาร์ตราซีน
17	วุ้นลืด สีชมพู	ตลาดเจ้าพรหม อยุธยา	สีย้อม
18	วุ้นลืด สีชมพู	ตลาดบางแค	เออริโทรซีน และสีย้อม
19	วุ้นลืด สีเขียว	ตลาดบางแค	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
20	วุ้นหวาน สีชมพู	ตลาดเจ้าพรหม อยุธยา	สีย้อม
21	วุ้นหวาน สีเขียว	ตลาดเจ้าพรหม อยุธยา	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง หรือ เครื่องหมายการค้า	สีที่ตรวจพบ
22	วุ้นหวาน สีส้ม	ตลาดเจ้าพรหม อยุธยา	สีย้อม
23	วุ้นหวาน สีชมพู	ตลาดครุใน พระปะแดง	ตาร์ตราซีน
24	วุ้นหวาน สีชมพู	ตลาดซอย 2 นครปฐม	เออริโทรซีน
25	วุ้นหวาน สีเขียว	ตลาดซอย 2 นครปฐม	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
26	วุ้นหวาน สีแดง	ตลาด ย. อมรพันธุ์	ปองโซ 4 อาร์
27	วุ้นหวาน สีเขียว	ตลาด ย. อมรพันธุ์	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
28	วุ้นหวาน สีชมพู	ตลาดพาหุรัด	เออริโทรซีน
29	วุ้นหวาน สีเขียว	ตลาดพาหุรัด	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
30	วุ้นกรอบ สีส้ม	ตลาดประตูน้ำ	ซันเซ็ต เยลโลว์ เอฟซีเอฟ
31	มะพร้าวแก้ว สีชมพู	ข้างวัดโสธร ฉะเชิงเทรา	สีย้อม
32	มะพร้าวแก้ว สีเขียว	ข้างวัดโสธร ฉะเชิงเทรา	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
33	มะพร้าวแก้ว สีเหลือง	ข้างวัดโสธร ฉะเชิงเทรา	ตาร์ตราซีน
34	มะพร้าวแก้ว สีชมพู	บางรัก	ตาร์ตราซีน
35	มะพร้าวแก้ว สีเหลือง	บางรัก	สีย้อม
36	มะพร้าวแก้ว สีชมพู	ตลาดมหานาค	สีย้อม
37	มะพร้าวแก้ว สีเหลือง	ตลาดมหานาค	สีย้อม
38	มะพร้าวแก้ว สีชมพู	นครปฐม	สีย้อม
39	ขนมชั้นหนู สีชมพู	ตลาดสะพาน 2 ลาดพร้าว	สีย้อม
40	ขนมชั้นหนู สีชมพู	ตลาดบางรัก	สีย้อม
41	ขนมชั้นหนู สีเขียว	ตลาดบางรัก	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
42	ขนมชั้นหนู สีชมพู	ตลาดซอย 2 นครปฐม	สีย้อม

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง หรือ เครื่องหมายการค้า	สีที่ตรวจพบ
43	ขนมยี้หนู สีเขียว	ตลาดช่อย 2 นครปฐม	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
44	ขนมยี้หนู สีชมพู	ตลาดอโศก	สีย้อม
45	ขนมยี้หนู สีเขียว	ตลาดอโศก	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
46	ขนมถ้วยฟู สีชมพู	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	สีย้อม
47	ขนมถ้วยฟู สีเหลือง	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	สีย้อม
48	ขนมถ้วยฟู สีเขียว	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
49	ขนมถ้วยฟู สีชมพู	ตลาดบางแค	สีย้อม
50	ขนมถ้วยฟู สีเขียว	ตลาดบางแค	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
51	ขนมถ้วยฟู สีชมพู	ตลาดช่อย 2 นครปฐม	สีย้อม
52	ขนมถ้วยฟู สีชมพู	อุดรธานี	สีย้อม
53	ขนมถ้วยฟู สีเขียว	อุดรธานี	ตาร์ตราซีนและบริลเลียนท์ บลู
54	ขนมตาล	ตลาดอ.ป่าโมก	สีย้อม
55	โรตีสายไหม สีชมพู	ตลาดบางขุนนนท์	สีย้อม
56	โรตีสายไหม สีชมพู	ตลาดประตูน้ำ	สีย้อม
57	ขนมสาลี่ สีชมพู	ตลาดครูใน พระปะแดง	สีย้อม
58	ขนมสาลี่ สีชมพู	ตลาดจังหวัดนนทบุรี	สีย้อม
59	ขนมสาลี่ สีชมพู	ตลาดอโศก	สีย้อม
60	ขนมสาลี่ สีชมพู	ตลาดนครปฐม	เออริโทรซีน
61	ขนมสาลี สีชมพู	ตลาดอยุธยา	เออริโทรซีน
62	ขนมสาลี่ สีชมพู	ตลาด อุดรธานี	เอโซรูบิน
63	ขนมด้วง สีชมพู	ตลาดอโศก	สีย้อม

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง หรือ เครื่องหมายการค้า	สีที่ตรวจพบ
64	ขนมด้วง สีชมพู	ตลาดราชวัตร	สีย้อม
65	ขนมด้วง สีชมพู	ตลาดสามย่าน	สีย้อม
66	ขนมด้วง สีเขียว	ตลาดสามย่าน	ตาร์ตราซีน และ บริลเลียนท์ บลู
67	ขนมด้วง สีชมพู	ตลาดสุทธิสาร	เออริโทรซีน
68	ขนมด้วง สีเขียว	ตลาดสุทธิสาร	ตาร์ตราซีน และ บริลเลียนท์ บลู
69	ขนมด้วง สีชมพู	ตลาดมหานาค	สีย้อม
70	ขนมด้วง สีเขียว	ตลาดมหานาค	ตาร์ตราซีน และ บริลเลียนท์ บลู
71	ขนมผิง สีชมพู	ตลาดบางลำภู	สีย้อม
72	ขนมผิง สีเขียว	ตลาดบางลำภู	สีย้อม
73	ขนมผิง สีเหลือง	ตลาดบางลำภู	สีย้อม
74	ขนมผิง สีส้ม	ตลาดบางลำภู	สีย้อม
75	ขนมผิง สีชมพู	ตลาดเจ้าพรหม อยุธยา	สีย้อม
76	ขนมผิง สีเขียว	ตลาดเจ้าพรหม อยุธยา	สีย้อม
77	ขนมผิง สีเหลือง	ตลาดเจ้าพรหม อยุยา	สีย้อม
78	ขนมผิง สีส้ม	ตลาดเจ้าพรหม อยุธยา	สีย้อม
79	ขนมผิง สีชมพู	ตลาดอ.ป่าโมก อ่างทอง	สีย้อม
80	ขนมผิง สีเขียว	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	สีย้อม
81	ขนมผิง สีเหลือง	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	สีย้อม
82	ขนมผิง สีส้ม	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	สีย้อม
83	ขนมผิง สีชมพู	ตลาด ช.อมรพันธุ์	สีย้อม
84	ขนมผิง สีชมพู	ตลาดขนส่งสายใต้	สีย้อม

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง หรือ เครื่องหมายการค้า	สีที่ตรวจพบ
85	ขนมผิง สีเขียว	ตลาดขนส่งสายใต้	สีย้อม
86	ขนมผิง สีเหลือง	ตลาดขนส่งสายใต้	สีย้อม
87	ขนมผิง สีส้ม	ตลาดขนส่งสายใต้	สีย้อม
88	ขนมผิง สีชมพู	ประตูน้ำ	สีย้อม
89	ขนมผิง สีเขียว	ประตูน้ำ	ตาร์ตราซีน และ บริลเลียนท์ บลู
90	ขนมผิง สีเหลือง	ประตูน้ำ	ตาร์ตราซีน
91	ขนมผิง สีส้ม	ประตูน้ำ	ตาร์ตราซีน และสีย้อม
92	ข้าวเกรียบกุ้งศรีลำใย	ข้างวัดโสธรฉะเชิงเทรา	สีย้อม
93	ข้าวเกรียบกุ้ง สุมาลี	ข้างวัดโสธร ฉะเชิงเทรา	สีย้อม
94	ข้าวเกรียบกุ้ง สงขลา	กรุงเทพ	ตาร์ตราซีน และ ปองโซ 4 อาร์
95	ข้าวเกรียบกุ้ง	อยุธยา	ซันเซต เยลโลว์ เอฟซีเอฟ
96	ข้าวเกรียบสิงคโปร์ สีชมพู	ตลาดบางลำภู	สีย้อม
97	ข้าวเกรียบสิงคโปร์ สีเขียว	ตลาดบางลำภู	ตาร์ตราซีน และ บริลเลียนท์ บลู
98	ข้าวเกรียบสิงคโปร์ สีเหลือง	ตลาดบางลำภู	สีย้อม
99	ข้าวเกรียบสิงคโปร์สีส้ม	ตลาดบางลำภู	สีย้อม
100	ขนมชั้น สีแดง	ตลาดสุทธิสาร	ปองโซ 4 อาร์
101	ขนมชั้น สีชมพู	บางลำภู	เออริโทรซีน
102	ขนมชั้นสีเขียว	บางลำภู	ตาร์ตราซีน และ บริลเลียนท์ บลู
103	ขนมชั้น สีชมพู	ตลาดวงเวียน 22 กรกฎา	เอโซรูบิน
104	ขนมชั้น สีเขียว	ตลาดบางขุนนนท์	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
105	ขนมชั้น สีชมพู	ตลาดบางขุนนนท์	เออริโทรซีน

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง หรือเครื่องหมายการค้า	สีที่ตรวจพบ
106	ขนมชั้น สีชมพู	ตลาดครุใน พระประแดง	เออริโทรซีน
107	ขนมชั้น สีเขียว	ตลาดครุใน พระประแดง	ตาร์ตราซีน และ บริลเลียนท์ บลู
108	ขนมชั้น สีชมพู	ตลาด อ.โพธาราม ราชบุรี	เออริโทรซีน
109	ขนมชั้น สีแดง	ตลาดสามย่าน	เอโซรูบีน
110	ขนมชั้น สีแดง	ตลาดซอย 2 นครปฐม	เอโซรูบีน
111	ขนมชั้น สีชมพู	ตลาดบน นครปฐม	เออริโทรซีน
112	ขนมชั้น สีเขียวโค่ก	ตลาดบน นครปฐม	ไม่พบสี
113	ขนมชั้น สีเขียว	ตลาดซอย 2 นครปฐม	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
114	ขนมชั้น สีแดง	ตลาดบางรัก	ปองโซ 4 อาร์
115	ขนมชั้นสีแดงม่วง	ตลาดบางรัก	เอโซรูบีน
116	ขนมชั้นสีเขียว	ตลาดบางรัก	ตาร์ตราซีนและบริลเลียนท์ บลู
117	ขนมชั้น สีแดง	อุดรธานี	เอโซรูบีน
118	ขนมชักหน้า สีเหลือง	ตลาดบางแค	ตาร์ตราซีน
119	ขนมชักหน้า สีเขียว	ตลาดบางแค	ตาร์ตราซีนและบริลเลียนท์ บลู
120	ขนมชักหน้า สีเขียว	ตลาดอโค่ก	ตาร์ตราซีนและบริลเลียนท์ บลู
122	ขนมชักหน้า สีชมพู	ตลาดอโค่ก	สีย้อม
123	ส่ลิ่ม สีชมพู	ประตูน้ำ	สีย้อม
124	ส่ลิ่ม สีเขียว	ประตูน้ำ	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
125	ส่ลิ่ม สีชมพู	ตลาดบางลำภู	เออริโทรซีน
126	ส่ลิ่ม สีเขียว	ตลาดบางลำภู	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
127	ลอดช่องสิงคโปร์สีเขียว	ปากน้ำ	ตาร์ตราซีนและบริลเลียนท์ บลู
128	ลอดช่องสิงคโปร์สีเขียว	ประตูน้ำ	ตาร์ตราซีนและบริลเลียนท์ บลู

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง หรือ เครื่องหมายการค้า	สีที่ตรวจพบ
129	ทอฟฟี่ สีแดง	สนามหลวง	เอโซรูบิน
130	ทอฟฟี่ สีแดง	ยี่ห้อ Parrot	เอโซรูบิน
131	อมยิ้ม สีแดง	ยี่ห้อ Parrot	เอโซรูบิน
132	อมยิ้ม สีเขียว	ยี่ห้อ Parrot	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
133	อมยิ้ม สีเหลือง	ยี่ห้อ Parrot	ตาร์ตราซีน
134	อมยิ้ม สีส้ม	ยี่ห้อ Parrot	ซันเซ็ต เยลโลว์ เอฟซีเอฟ
135	น้ำหวาน สีแดง	ตรากบ	เอโซรูบิน
136	น้ำหวาน สีเขียว	ตรากบ	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
137	น้ำหวาน สีส้ม	ตรากบ	ซันเซต เยลโลว์ เอฟซีเอฟ
138	น้ำหวาน สีแดง	ตราผึ้ง เหลือง	เอโซรูบิน
139	น้ำหวาน สีเขียว	ตราผึ้ง เหลือง	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
140	น้ำหวาน สีส้ม	ตราผึ้ง เหลือง	ซันเซต เยลโลว์ เอฟซีเอฟ
141	น้ำผลไม้ รสองุ่น	ยี่ห้อ Joyce	ปองโซ 4 อาร์
142	น้ำผลไม้ รสส้ม	ยี่ห้อ Joyce	ไม่พบสี
143	น้ำผลไม้ รสสับปะรด	ยี่ห้อ Joyce	ไม่พบสี
144	น้ำผลไม้รสมะเขือเทศ	ยี่ห้อ Joyce	ไม่พบสี
145	หน้ากุ้ง	ศรีย่าน	ซันเซต เยลโลว์ เอฟซีเอฟ
146	ข้าวเหนียวแก้วสีเขียว	อุดรธานี	ตาร์ตราซีน และบริลเลียนท์ บลู
147	ข้าวเหนียวเหลือง	ตลาดครูใน พระปะแดง	ตาร์ตราซีน
148	ข้าวเหนียวเหลือง	นนทบุรี	ตาร์ตราซีน
149	มะม่วงดอง	พาหุรัด	ตาร์ตราซีน

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง หรือ เครื่องหมายการค้า	สีที่ตรวจพบ
150	มะม่วงดอง	สามหลวง	ไม่พบสี
151	ฝอยทองกรอบ	พาหุรัด	ทาร์ตราซีน
152	เชอร์เยื่อมสีแดง	พาหุรัด	เอโซรูบิน และเออริโทรซีน
153	เชอร์เยื่อมสีเขียว	พาหุรัด	ทาร์ตราซีนและบริลเลียนท์ บลู
154	Fruit Jelly สีเหลือง	พาหุรัด	ทาร์ตราซีน
155	Fruit Jelly สีเขียว	พาหุรัด	ทาร์ตราซีนและบริลเลียนท์ บลู
156	Fruit Jelly สีส้ม	พาหุรัด	ทาร์ตราซีนและซันเซตเยลโลว์
157	ซอส สีแดง	ตลาดราชวัตร	ปองโซ 4 อาร์
158	ซอส สีแดง	ตลาดนครปฐม	ลียม้อม
159	ซอส สีแดง	ตลาดวงเวียน 22 กรกฎา	ลียม้อม
160	ซอส สีแดง	ตลาดประตูน้ำ	ปองโซ 4 อาร์ และซันเซตเยลโลว์
161	ซอส สีแดง	ตลาดบางแค	ปองโซ 4 อาร์
162	ซอส สีแดง	ตลาดบางกะปิ	ปองโซ 4 อาร์
163	ซอส สีแดง	อุดรธานี	ปองโซ 4 อาร์
164	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดสามย่าน	เอโซรูบิน
165	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดนครปฐม	ลียม้อม
166	กุ้งแห้งฝอย สีส้ม	ตลาดนครปฐม	ลียม้อม
167	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดหัวรอ อยุธยา	เอโซรูบิน และลียม้อม
168	กุ้งแห้งฝอยสีแดง	ตลาด ช.อมรพันธุ์	เออริโทรซีน และลียม้อม
169	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	อุดรธานี	ปองโซ 4 อาร์ และเอโซรูบิน
170	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดวงเวียน 22 กรกฎา	เอโซรูบิน
171	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	สามหลวง	เอโซรูบิน และลียม้อม

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง หรือ เครื่องหมายการค้า	สีที่ตรวจพบ
172	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	สนามหลวง	เอโซรูบิน และ สีย้อม
173	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	สนามหลวง	สีย้อม
174	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดโพธาราม ราชบุรี	สีย้อม
175	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดบางลำภู	ปองโซ 4 อาร์ และเอโซรูบิน
176	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดบางแค	สีย้อม
177	กุ้งแห้งฝอย สีส้ม	ตลาดบางแค	สีย้อม
178	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดบางกะปิ	ปองโซ 4 อาร์ และเอโซรูบิน
179	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดขนส่งสายใต้	เอโซรูบิน
180	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดประตูน้ำ	เอโซรูบิน
181	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดอโศก	สีย้อม
182	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดปากน้ำ สมุทรปราการ	ปองโซ 4 อาร์ + สีย้อม
183	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดสะพาน 2 ลาดพร้าว	เอโซรูบิน + สีย้อม
184	ไส้กรอกหมู	บางกอกแฮม	เอโซรูบิน
185	ไส้กรอกหมู	Barking Deer	เอโซรูบิน
186	ไส้กรอกหมู	Royal Sausage	สีย้อม
187	ไส้กรอกหมู	Thai Sausage	เอโซรูบิน
188	ไส้กรอกไก่	C.P.	ไม่พบสี
189	เต้าหู้ยี้	นครปฐม	ไม่พบสี
190	เต้าหู้ สีเหลือง	ตลาดราชวัตร	ตาร์ตราซีน
191	เต้าหู้ สีเหลือง	ตลาดสามย่าน	สีย้อม
192	กุนเชียง	ตลาดสนามหลวง	สีย้อม
193	กุนเชียง	นครปฐม	เอโซรูบิน

ตารางที่ 18 (ต่อ)

รายการที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง หรือ เครื่องหมายการค้า	สีที่ตรวจพบ
194	ปลาเค็ม	สนามหลวง	สีย้อม
195	ลูกชิ้นปลา สีส้ม	นครปฐม	สีย้อม
196	ไก่ย่าง	ตลาดบ้านแพน อยุธยา	สีย้อม
197	เนื้อเค็ม	เชียงใหม่	สีย้อม
198	แหนม	นครปฐม	ไม่พบสี
199	ขิงดอง	ตลาดสามย่าน	สีย้อม
200	เกี๊ยมฉ่าย	สนามหลวง	สีย้อม
201	น้ำปลาตราปลาอินทรีย์	ตลาดสามย่าน	ไม่พบสี

ตารางที่ 19 แสดงผลการวิเคราะห์สีในลิปสติก ชนิดต่าง ๆ

รายการที่	ชื่อลิปสติก	หมายเลขที่ระบุ	สีที่ตรวจพบ
1	Cover girls	—	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
2	Marry Quant	—	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
3	Pias Lip cream	เบอร์ 4	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
4	Pias Fruity	เบอร์ 1	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
5	Yardley	—	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
6	Tell me	เบอร์ 3	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
7	Cupid	—	เออริโทรซีน
8	Miss lady	เบอร์ 22	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
9	Antee	เบอร์ 2	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
10	Oleary	เบอร์ 12	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
11	Auchid	เบอร์ 12	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
12	Johante	—	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
13	DaDa	—	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
14	Madame Scodd	—	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
15	D-Sign	—	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
16	ฮาวนา	—	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
17	Wann	—	เออริโทรซีนและสีย้อม
18	Spring song	พลัท 1	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
19	Spring song	เบอร์ 3	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
20	Spring song	เบอร์ 6	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ

ตารางที่ 19 (ต่อ)

รายการที่	ยี่ห้อลิปสติก	หมายเลขที่ระบุ	สีที่ตรวจพบ
21	Spring song	เบอร์ 15	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
22	Spring song	เบอร์ 17	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
23	Petty calar	เบอร์ 115	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
24	Calar	—	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
25	Moon Fair	เบอร์ 302	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
26	Moon Fair	เบอร์ 307	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
27	สยาม	เบอร์ 20	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
28	สยาม	เบอร์ 17	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
29	Ju Ju	—	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ
30	Avon	เบอร์ 285	ไม่พบสีผสมอาหารที่ระบุ