



4.1 ผลการศึกษาระบบแยกและคุณสมบัติของสีย้อมด้วยเทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟี

ในการศึกษาคุณสมบัติของสีย้อม 42 ชนิดด้วยเทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟี ได้ใช้ระบบตัวทำละลาย 12 ชนิดเพื่อต้องการหาสภาวะและชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับแยกสีซึ่งมีดังต่อไปนี้

ชนิดที่ 1 สารละลายแอมโมเนียซึ่งเตรียมได้จากการใช้

สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น (ความถ่วงจำเพาะ 0.91) 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ละลายน้ำ แล้วทำให้ครบ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ชนิดที่ 2 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2.5 % (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในน้ำ

ชนิดที่ 3 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 2 % (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในสารละลายเอทานอล 50 % โดยปริมาตร

ชนิดที่ 4 สารละลายที่ประกอบด้วย 2-เมทิลโพรเพน-1-ออล (ไอโซอิวทานอล), เอทานอล และน้ำผสมกันในอัตราส่วน 1:2:1 โดยปริมาตร

ชนิดที่ 5 สารละลายที่ประกอบด้วย 1-อิวทานอล, กรดอะซิติก เกลเยิล และน้ำผสมกันในอัตราส่วน 20:5:1 โดยปริมาตร

ชนิดที่ 6 สารละลายที่ประกอบด้วย 2-เมทิลโพรเพน-1-ออล (ไอโซอิวทานอล), เอทานอล และน้ำผสมกันในอัตราส่วน 3:2:2 โดยปริมาตร แล้วนำสารละลายนี้มา 99 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น (ความถ่วงจำเพาะ 0.91) 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ชนิดที่ 7 สารละลายของพินอล 80 กรัมในน้ำ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ชนิดที่ 8 สารละลายที่ประกอบด้วย 2-บิวทาโนน (เมทิลเอทิลคีโตน), อะซีโตน, น้ำและสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น (ความถ่วงจำเพาะ 0.91) ผสมกันในอัตราส่วน 350:150:150:1 โดยปริมาตร

ชนิดที่ 9 สารละลายที่ประกอบด้วย 2-บิวทาโนน (เมทิลเอทิลคีโตน), อะซีโตน และน้ำผสมกันในอัตราส่วน 7:3:3 โดยปริมาตร

ชนิดที่ 10 สารละลายที่ประกอบด้วยเอทิลอะซีเตต, ฟิริดีน และน้ำผสมกันในอัตราส่วน 11:5:4 โดยปริมาตร

ชนิดที่ 11 สารละลายไตรโซ่เดียมซีเตรต 2 % (น้ำหนัก/ปริมาตร) ในสารละลายแอมโมเนีย 5 % โดยปริมาตร

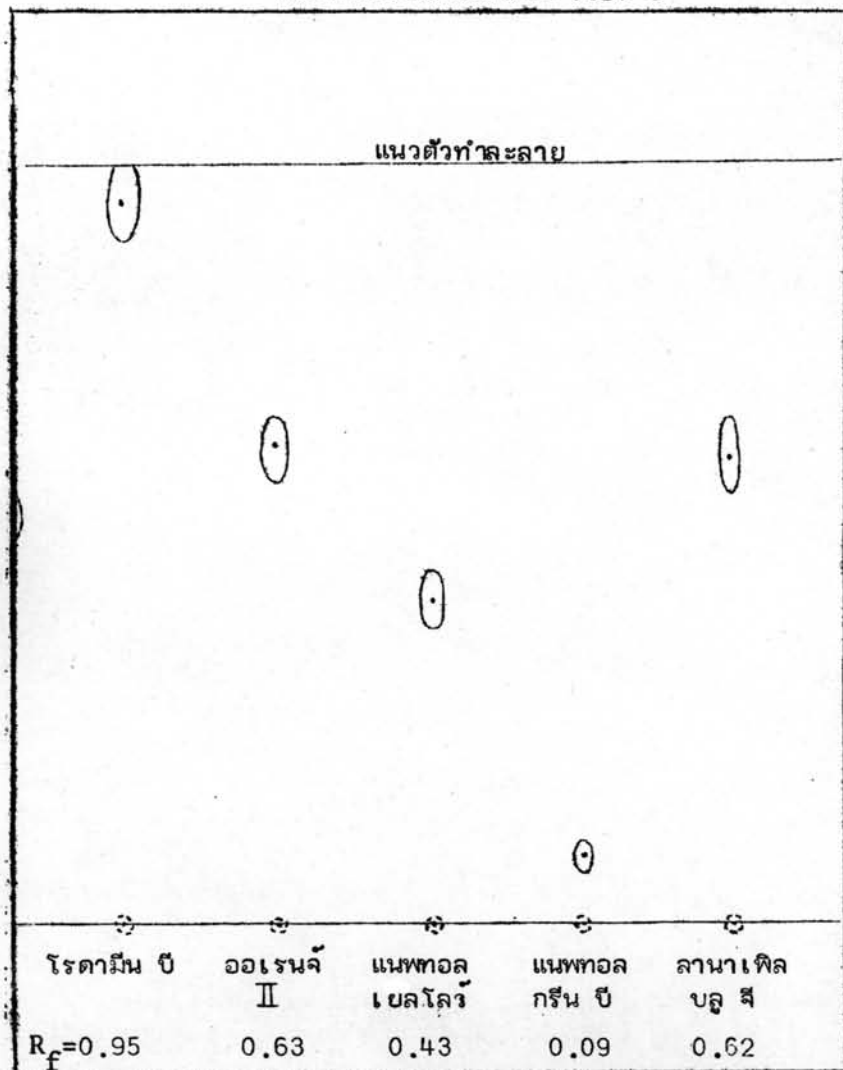
ชนิดที่ 12 สารละลายที่ประกอบด้วยน้ำและกรดไฮโดรคลอริก (ความถ่วงจำเพาะ 1.18) ผสมกันในอัตราส่วน 30:6.5 โดยปริมาตร

สำหรับกระดาษใช้กระดาษโครมาโตกราฟีเบอร์ 1 และกระดาษกรองธรรมดาโครมาโตแกรมของสีย้อมบางชนิดเมื่อใช้ระบบตัวทำละลายชนิดที่ 5 บนกระดาษโครมาโตกราฟีเบอร์ 1 และกระดาษกรองธรรมดาแสดงในรูปที่ 6 และค่า  $R_F$  ของสีย้อมต่าง ๆ ในระบบตัวทำละลายทั้ง 12 ชนิดเมื่อใช้กระดาษโครมาโตกราฟีและกระดาษกรองธรรมดาแสดงในตารางที่ 4

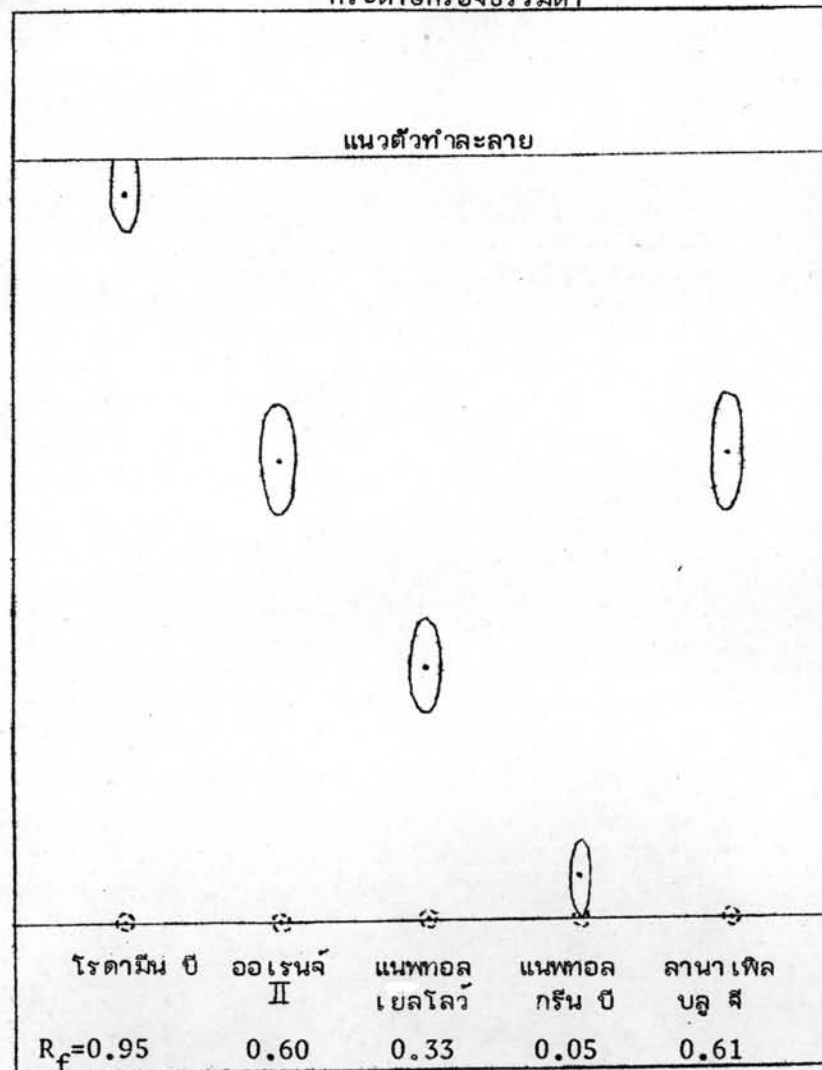
จากการทดลองนี้อาจจะสรุปผลได้ดังต่อไปนี้

1. สีย้อมต่าง ๆ ในแต่ละระบบตัวทำละลายจะให้ค่า  $R_F$  แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะอยู่ในช่วง 1.00 ถึง 0.00 และค่า  $R_F$  ของสีย้อมบางชนิดอาจเท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่า  $R_F$  ของสีย้อมชนิดหนึ่งได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าใช้ระบบตัวทำละลายชนิดนั้นจะไม่สามารถ

กระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1



กระดาษกรองธรรมดา



รูปที่ 6 แสดงเปเปอร์โครมาโตแกรมของสีย้อมต่าง ๆ เมื่อใช้ระบบตัวทำละลายชนิดที่ 5 โดยใช้กระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1 และ

กระดาษกรองธรรมดา

ตารางที่ 4 แสดงค่า  $R_F$  ของสีย้อมในระบบตัวทำละลายต่าง ๆ กันเมื่อใช้กระดาษโครมาโตกราฟี และกระดาษกรองธรรมดา

ชื่อสีย้อม	* กระดาษ ที่ใช้	ค่า $R_F$ เมื่อใช้ระบบตัวทำละลายชนิดที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<u>สีแดง</u>													
บอร์โด เรด	ก	0.30	0.04	0.29	0.39	0.43	0.49	0.36	0.34	0.52	0.20	0.07	0.02
	ข	0.36	0.05	0.29	0.25	0.19	0.45	0.16	0.28	0.35	0.24	0.07	0.02
อะมะแรนท	ก	0.68	0.20	0.39	0.23	0.11	0.24	0.03	0.10	0.17	0.04	0.27	0.09
	ข	0.79	0.18	0.26	0.10	0.05	0.27	0.02	0.06	0.08	0.03	0.32	0.08
ลานาเพิล เรด บี	ก	0.34	0	0.95	0.90	0.69	0.88	0.74	0.71	0.83	0.66	0.08	0
	ข	0.22	0.02	0.96	0.90	0.68	0.97	0.72	1.0	0.96	0.77	0.07	0
อิริโอโครม เรด ซี	ก	0.29	0.07	0.56	0.49	0.58	0.54	0.52	0.31	0.97	0.55	0.15	0
	ข	0.28	0.06	0.50	0.34	0.25	0.61	0.39	0.31	0.71	0.56	0.13	0
คองโก เรด	ก	0.03	0	0.03	0.14	0.03	0.06	0.08	0.21	0.20	0.15	0.01	0
	ข	0.03	0	0.04	0.08	0.03	0.09	0.04	0.22	0.15	0.19	0.02	0
ซีเรียส เรด 4 บี	ก	0.05	0.01	0.05	0.17	0.13	0.18	0.44	0.21	0.24	0.16	0	0
	ข	0.07	0	0.06	0.13	0.11	0.20	0.26	0.20	0.18	0.17	0	0
ดูราซอล เรด 2 บี	ก	0.10	0	0	0.07	0.02	0.05	0	0.07	0.09	0.04	0	0
	ข	0.20	0	0	0.05	0	0.07	0	0.03	0.06	0.02	0	0
เบนโซ ลีคาร์เลต	ก	0.11	0.02	0.02	0.07	0.04	0.06	0.04	0.09	0.13	0.10	0.02	0.01
ซีเอส	ข	0.08	0.03	0.02	0.06	0.02	0.08	0.02	0.07	0.09	0.12	0.04	0
อะมิโด โรดามีน บี	ก	0.78	0.55	0.98	0.88	0.58	0.75	0.70	0.57	0.72	0.38	0.56	0.85
	ข	0.82	0.52	0.97	0.89	0.61	0.82	0.76	0.59	0.97	0.49	0.59	0.88

\* ก หมายถึง กระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1

ข หมายถึง กระดาษกรองธรรมดา

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	* กระดาษที่ ใช้	ค่า $R_f$ เมื่อใช้ระบบตัวทำละลายชนิดที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ลานาเฟิล ฟอสท์	ก	0.69	0.25	0.98	0.95	0.85	0.97	0.91	0.76	0.90	0.54	0.55	0.16
พิงค์ อาร์	ข	0.82	0.11	0.98	0.98	0.86	0.99	0.95	0.76	0.78	0.56	0.41	0.07
โรดามีน บี	ก	0.28	0.21	0.98	1.00	0.95	1.00	0.97	0.98	0.99	0.99	0.36	0.78
	ข	0.23	0.18	0.96	1.00	0.95	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	0.27	0.79
อะมิโด โรดามีน ซี	ก	0.58	0.25	0.88	0.62	0.59	0.66	0.79	0.57	0.56	0.23	0.30	0.41
	ข	0.75	0.33	0.92	0.57	0.56	0.58	0.77	0.65	0.56	0.19	0.32	0.55
ไอโซแลน บอร์โด	ก	0.37	0	0.99	1.00	0.90	1.00	0.92	0.99	1.00	0.99	0.29	0.17
เค-อาร์นอลเอส สีส้ม	ข	0.03	0	0.93	1.00	0.87	1.00	1.00	0.98	1.00	0.98	0.21	0.05
เมทิล ออเรนจ์	ก	0.35	0.12	0.87	0.82	0.63	0.87	0.70	0.63	0	0.62	0.13	0.36
	ข	0.28	0.10	0.80	0.77	0.61	0.90	0.68	0.73	0.77	0.64	0.15	0.34
ลานาเฟิล สคาร์เลต ซี	ก	0.85	0	0.93	0.72	0.80	0.91	0.73	0.83	0.90	0.71	0.50	0
	ข	0.80	0	0.80	0.73	0.87	0.91	0.78	0.93	0.99	0.83	0.50	0
ออเรนจ์ II	ก	0.33	0.07	0.81	0.88	0.63	0.84	0.70	0.63	0.82	0.51	0.14	0.06
	ข	0.33	0.06	0.78	0.85	0.60	0.88	0.69	0.68	0.73	0.64	0.14	0.04
ออเรนจ์ สีที่	ก	0.11	0.08	0.78	0.95	0.99	0.97	0.97	1.00	1.00	1.00	0.09	0.11
	ข	0.09	0.06	0.73	0.90	1.00	1.00	0.94	1.00	1.00	1.00	0.11	0.05
ออเรนจ์ อาร์เอน	ก	0.33	0.10	0.87	0.89	0.69	0.82	0.76	0.82	0.83	0.68	0.19	0.75
	ข	0.32	0.08	0.84	0.88	0.71	0.86	0.73	0.87	0.82	0.75	0.17	0.06
คายากู ไตรเรค ฟอสท์	ก	0.05	0	0.02	0.15	0.04	0.09	0.16	0.11	0.11	0.07	0	0
ออเรนจ์ เอส	ข	0.05	0	0.02	0.12	0.02	0.04	0.13	0.12	0.10	0.10	0	0

\*ก หมายถึง กระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1

ข หมายถึง กระดาษกรองธรรมดา

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	* กระจกตา ที่ใช้	ค่า $R_F$ เมื่อใช้ระบบหัวทำละลายชนิดที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ลานาเฟิล บริลเลียนท์	ก	0.44	0.26	0.38	0.22	0.26	0.20	0.38	0.14	0.20	0.12	0.20	0.19
ออเรนจ์ สี	ข	0.46	0.23	0.40	0.16	0.17	0.18	0.77	0.28	0.19	0.05	0.25	0.33
<u>สีเหลือง</u>													
แนพทอล เบลโลว์	ก	0.72	0.42	0.79	0.52	0.43	0.56	0.14	0.54	0.67	0.55	0.46	0.61
	ข	0.83	0.39	0.70	0.40	0.33	0.57	0.09	0.59	0.68	0.63	0.49	0.52
อิริโอโครม ฟลาวิน	ก	0.44	0.07	0.76	0.53	0.85	0.55	0.09	0.28	0.71	0.41	0.12	0
เอ	ข	0.56	0.08	0.57	0.42	0.72	0.43	0.06	0.28	0.72	0.51	0.14	0
ลานาเฟิล ฟาสท์	ก	0.76	0.18	0.80	0.92	0.70	0.80	0.94	0.66	0.96	1.00	0.25	0.04
เบลโลว์ สีอาร์	ข	0.77	0.14	0.68	0.81	0.43	0.78	0.89	1.00	0.95	1.00	0.33	0.03
คริสโตฟีนิน สี	ก	0.04	0	0.15	0.55	0.46	0.48	0.69	0.77	0.76	0.54	0	0
	ข	0.05	0	0.15	0.62	0.45	0.62	0.50	0.82	0.78	0.63	0	0
ออรามิน	ก	0.14	0.25	0.96	0.98	0.90	0.96	0.96	0.97	0.88	0.57	0.16	0.90
	ข	0.07	0.19	0.90	0.98	0.90	1.00	0.98	0.98	0.84	0.56	0.11	0.94
ควิโนลิน เบลโลว์	ก	0.73	0.27	0.35	0.25	0.26	0.33	0.37	0.21	0.44	0.19	0.27	0.24
	ข	0.75	0.23	0.27	0.18	0.14	0.28	0.29	0.19	0.36	0.15	0.29	0.19
ริมาคริล เบลโลว์	ก	0.09	0.19	0.95	0.99	0.89	0.98	0.97	1.00	0.95	0.99	0	0.28
4 สีแอล	ข	0.04	0.18	0.89	1.00	0.90	1.0	0.94	0.99	0.99	0.89	0	0.23
<u>สีเขียว</u>													
แนพทอล กรีน บี	ก	0.91	0.64	0.79	0.30	0.09	0.27	0.04	0.11	0.30	0.06	0.68	0.68
	ข	0.90	0.31	0.52	0.15	0.05	0.23	0.03	0.10	0.15	0.04	0.62	0.57

\* ก หมายถึง กระจกตาโครมาโตกราฟี เบอร์ 1      ข หมายถึง กระจกตากรองธรรมดา

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	* กระจายที่ใช้	ค่า R <sub>F</sub> เมื่อใช้ระบบตัวทำละลายชนิดที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
มาลาโคท กรีน	ก	0.09	0.32	0.97	0.98	0.89	0.98	0.97	0.98	0.97	1.00	0.02	0.93
	ข	0.07	0.26	0.94	1.00	0.81	1.00	0.96	0.98	1.00	1.00	0.04	0.91
อิริโอ กรีน บี	ก	0.88	0.70	0.96	0.87	0.54	0.77	0.64	0.55	1.00	0.40	0.80	0.96
	ข	0.80	0.41	0.93	0.87	0.58	0.89	0.66	0.62	0.71	0.24	0.63	0.96
คายนอล ไชยานิน กรีน ซี	ก	0.55	0.21	0.95	0.78	0.56	0.81	0.63	0.60	1.00	0.44	0.22	0.18
	ข	0.66	0.14	0.75	0.54	0.28	0.90	0.41	0.60	0.70	0.50	0.23	0.07
<u>สีน้ำเงิน</u>													
คายนอล ไชยานิน ซี	ก	0.13	0.05	0.99	0.99	0.81	0.91	0.94	0.85	0.99	0.64	0.20	0.75
	ข	0.05	0.02	0.98	0.99	0.89	0.99	0.95	0.85	0.79	0.56	0.06	0.71
คายนอล ไชยานิน 6 บี	ก	0.19	0.05	0.98	0.99	0.80	0.90	0.91	0.79	0.93	0.56	0.08	0
	ข	0.06	0.02	0.95	0.99	0.85	0.93	0.95	0.73	0.75	0.55	0.06	0
ดูราซอล บลู บี	ก	0.08	0.03	0	0.01	0.02	0.04	0	0.04	0.09	0.02	0.03	0.02
	ข	0.15	0.03	0	0.03	0.03	0.03	0	0.05	0.10	0.01	0.04	0.02
เมกนีน บลู	ก	0.05	0.06	0.54	0.56	0.68	0.62	0.96	0.41	0.70	0.23	0.18	0.22
	ข	0.04	0.07	0.42	0.51	0.73	0.54	0.96	0.36	0.69	0.13	0.13	0.24
ลานาเฟิล บลู ซี	ก	0.08	0.01	0.79	0.90	0.62	0.92	0.84	0.79	0.88	0.79	0.03	0.24
	ข	0.05	0.01	0.78	0.89	0.61	0.98	0.78	0.92	1.00	0.84	0.03	0.02
รีมาคริล บลู ซี	ก	0.13	0.26	0.93	0.98	0.89	1.00	0.95	0.03	0.90	0.71	0.15	0.63
	ข	0.07	0.24	0.90	1.00	0.86	1.00	0.96	0.03	1.00	0.50	0.13	0.61
อะมิโต บลู เอ	ก	0.41	0.38	0.97	0.91	0.68	0.84	0.84	0.68	1.00	0.51	0.37	0.40
	ข	0.41	0.29	0.92	0.90	0.72	1.00	0.76	0.69	0.89	0.57	0.35	0.41

\* ก หมายถึง กระจายโครมาโตกราฟี เบอร์ 1 ข หมายถึง กระจายกรองธรรมดา

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	กระดาษที่ ใช้*	ค่า $R_F$ เมื่อใช้ระบบหัวทำละลายชนิดที่											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<u>สีม่วง</u>													
โคอะมีน บริลเลียนท์	ก	0.01	0	0.07	0.22	0.17	0.38	0.36	0.22	0.28	0.28	0	0
ไวโอเลต ซี	ข	0.04	0	0.09	0.16	0.14	0.23	0.30	0.29	0.34	0.52	0	0
ดูราซอล ไวโอเลต	ก	0.02	0	0.09	0.21	0.19	0.40	0.55	0.23	0.25	0.35	0.01	0
อาร์	ข	0.04	0	0.13	0.26	0.21	0.31	0.42	0.31	0.30	0.59	0.01	0
เมทิล ไวโอเลต	ก	0.06	0.08	0.98	1.00	0.92	1.00	0.99	0.98	0.98	0.88	0.16	0.96
	ข	0.03	0.06	0.97	1.00	0.92	1.00	1.00	0.98	1.00	0.83	0.06	0.94
คริสตัล ไวโอเลต	ก	0.06	0.07	0.98	1.00	0.93	1.00	0.97	0.97	1.00	0.85	0.04	0.96
	ข	0.02	0.06	0.96	1.00	0.91	1.00	0.96	0.98	1.00	0.83	0.06	0.95

\* ก หมายถึง กระดาษโครมาโตกราฟี เบอร์ 1

ข หมายถึง กระดาษกรองธรรมดา



แยกสีเหล่านั้นออกจากกันได้ แต่ถ้าใช้ตัวทำละลายหลายอีกระบบหนึ่งค่า  $R_F$  ที่แต่เดิมใกล้เคียงกันหรือเท่ากันก็จะแตกต่างกันออกไปซึ่งสามารถนำไปใช้สำหรับการตรวจสอบสีได้ และถ้าค่า  $R_F$  ยิ่งต่างกันมาก ๆ จะทำให้สามารถแยกสีออกจากกันได้ดีและง่ายต่อการตรวจสอบ

2. สีย้อมแต่ละชนิดจะให้ค่า  $R_F$  แตกต่างกันถ้าระบบตัวทำละลายแตกต่างกันไป ซึ่งจากการทดลองนี้พอจะเห็นได้ว่าถ้าจะแยกสีย้อมออกจากกันจะเลือกระบบตัวทำละลายชนิดใดสิ่งจะเหมาะสม และพบว่าระบบตัวทำละลายชนิดที่ 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 เป็นระบบตัวทำละลายชนิดที่ดี เพราะระบบเหล่านี้จะให้โครมาโตแกรมของสีย้อมที่ดีคือ ส่วนใหญ่จุดแยกของสีย้อมมีขนาดเล็กไม่เป็นทางยาว ซึ่งทำให้สามารถแยกสีย้อมชนิดต่าง ๆ ออกจากกันได้ดี และทำให้สามารถวิเคราะห์สีย้อมได้ถูกต้อง สำหรับระบบตัวทำละลายชนิดอื่นก็ใช้ได้เหมาะสมกับสีย้อมบางชนิด เช่นระบบตัวทำละลายชนิดที่ 11 ใช้ได้ดีกับสีลานาเฟิล สคาร์เลต สี, อิรีโอ กรีน ซี และออเรนจ์ อาร์เอน ระบบตัวทำละลายชนิดที่ 12 จะทำให้สีย้อมส่วนใหญ่มีค่า  $R_F$  ต่ำนอกจากโรตามีน ซี, อะมิโดโรตามีน ซี, แนนพอล เบลโลว์, ออรามิน, รัมาคริล บลู สี, อะมิโด บลู เอ, คายานอล ไฮยามิน สี และแนนพอล กรีน ซี เป็นต้น

สำหรับสีย้อมที่เป็นสีไตรเรค ซึ่งได้แก่คองโก เรด, ซีเรียส เรด 4 ซี, อูราซอล เรด 2 ซี, เบนโซ สคาร์เลต สีเอส, คาياهو ไตรเรค ฟาลท์ ออเรนจ์ เอส คริสโซฟิณิน สี, อูราซอล บลู สี, ไตอะมิน บริลเลียนท์ ไวโอเลต ซี และอูราซอล ไวโอเลต อาร์เมื่อทำเปเปอร์โครมาโตกราฟีปรากฏว่าส่วนใหญ่ให้ค่า  $R_F$  ต่ำไม่ว่าจะใช้ระบบตัวทำละลายชนิดใด ดังนั้น ระบบตัวทำละลายเหล่านี้จึงไม่เหมาะสมกับสีย้อมที่เป็นสีไตรเรค นอกจากคริสโซฟิณิน สี สามารถทำเปเปอร์โครมาโตกราฟีในระบบตัวทำละลายชนิดที่ 4-10 ได้ โดยระบบตัวทำละลายชนิดที่ 8, 9 และ 10 จะให้จุดแยกของสีย้อมที่ดี จึงเป็นระบบที่ควรเลือกใช้

3. จากการเปรียบเทียบผลของการแยกสีของกระดาษที่ใช้ในการทำเปเปอร์โครมาโตกราฟี ระหว่างกระดาษโครมาโตกราฟีเบอร์ 1 ของ Whatman กับกระดาษกรองธรรมดาซึ่งราคาถูกกว่า (ดูค่า  $R_F$  ระหว่าง ก กับ ข ในตารางที่ 4) ผลปรากฏว่าค่า  $R_F$  ของสารเดียวกันเมื่อใช้ระบบตัวทำละลายชนิดเดียวกันไม่แตกต่างกันมากนัก แต่

กระดาษโครมาโตกราฟีเบอร์ 1 ให้ผลดีกว่าในลักษณะของจุดแยกของสีไม่แผ่กระจายมากนักและมีหางยาว (tailing) น้อยกว่าดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งจากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าการทำการทดลองแยกสีและการตรวจสอบสีย้อมโดยใช้เทคนิคเปเปอร์โครมาโตกราฟีสามารถเลือกใช้กระดาษกรองซึ่งมีราคาถูกกว่ามากสำหรับทำการทดลองได้

4. เมื่อเปรียบเทียบเวลาทั้งหมดของการใช้ในการทำเปเปอร์โครมาโตกราฟีเมื่อเลือกใช้ระบบของตัวทำละลายต่าง ๆ กันทั้ง 12 ชนิดนั้น จะพบว่าบางระบบของตัวทำละลายใช้เวลาสั้น เช่นระบบตัวทำละลายชนิดที่ 1, 2, 8, 9, 10, 11 และ 12 ใช้เวลาในการทำประมาณ 25-30 นาที บางระบบก็ใช้เวลาานาน เช่น ระบบตัวทำละลายชนิดที่ 3, 4, 5, 6 และ 7 ซึ่งอาจใช้เวลา 60-120 นาที แต่ถ้าใช้กระดาษกรองธรรมดาทำการทดลอง ปรากฏว่าใช้นเวลาน้อยกว่าใช้กระดาษโครมาโตกราฟีเบอร์ 1 เพราะความแน่นของเนื้อกระดาษต่างกัน กระดาษกรองธรรมดาบางกว่าตัวทำละลายจึงเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า

#### 4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติของสีย้อมด้วยเทคนิคทางวิธีเปปเปอร์โครมาโตกราฟี

ในการศึกษาคุณสมบัติของสีย้อมด้วยเทคนิคทางวิธีเปปเปอร์โครมาโตกราฟีนั้น ได้บันทึกค่าการกระจายของสีย้อมต่าง ๆ ในสารละลายที่มี pH ต่าง ๆ กันไว้ดังแสดงในรูปที่ 7-48 จากค่าการกระจายที่ได้มา วัดค่าความยาวคลื่นที่สีย้อมดูดกลืนแสงได้ดีเมื่อสีย้อมนั้นอยู่ในสารละลายที่ pH ต่าง ๆ กันดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงความยาวคลื่นที่สีย้อมดูดกลืนแสงได้ดีในสารละลายที่มี pH ต่าง ๆ กัน

ชื่อสีย้อม	pH	ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดี (นาโนเมตร)	Absorption Spectra รูปที่
บอร์โด เรด	1.30	515.0	7
	3.00	518.8	
	5.10	515.0	
	7.00	515.0	
	8.95	515.0	
	10.60	510.0	
	12.10	460.0	

## ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	pH	ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดี (นาโนเมตร)	Absorption Spectra รูปที่
อะมะแรนท์	1.50	516.3	8
	3.25	516.3	
	5.15	518.8	
	7.05	516.3	
	9.00	516.3	
	10.65	505.0	
	12.10	487.5	
	ลานาเทิล เรด บี	1.30	
3.05		510.0	
5.15		510.0	
7.10		506.3	
8.90		506.3	
10.80		506.3	
12.15		508.8	
อิริโอโครม เรด ซี		1.30	425.0
	3.25	431.3	
	5.15	431.3	
	7.05	511.3	
	8.95	518.8	
	10.65	495.0	
	12.00	490.0	
	คองโก เรด	1.25	567.5
3.00		547.5	
5.05		490.0	
7.00		482.5	
8.90		487.5	
10.45		485.0	
12.15		482.5	

## ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	pH	ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดี (นาโนเมตร)	Absorption Spectra รูปที่
ซีเรียล เรด 4 ซี	1.30	505.0	12
	2.90	505.0	
	5.00	505.0	
	7.00	505.0	
	8.90	505.0	
	10.50	505.0	
	12.10	530.0	
ดูราซอล เรด 2 ซี	1.30	505.0	13
	3.25	507.5	
	5.15	505.0	
	7.00	505.0	
	8.95	505.0	
	10.65	362.5	
	12.00	362.5	
เบนโซ่ สคาร์เลต ซีเอส	1.30	496.3	14
	3.00	496.3	
	5.10	496.3	
	7.10	496.3	
	8.90	496.3	
	10.60	496.3	
	12.00	462.5	
อะมิโด โรดามีน บี	1.30	556.3	15
	3.10	556.3	
	5.15	556.3	
	7.05	556.3	
	9.00	556.3	
	10.65	556.3	
	12.10	556.3	

## ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	pH	ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดี (นาโนเมตร)	Absorption Spectra รูปที่
ลานาเทิล ฟาสท์ พิงค์อาร์	1.25	523.8	16
	3.05	523.8	
	5.00	523.8	
	7.00	523.8	
	9.00	523.8	
	10.85	523.8	
	12.10	512.5	
โรดามีน ซี	1.25	557.5	17
	3.20	555.0	
	5.15	550.0	
	7.05	550.0	
	9.00	550.0	
	10.60	550.0	
	12.10	550.0	
อะมิโด โรดามีน ซี	1.25	529.0	18
	3.20	529.0	
	5.05	529.0	
	7.00	529.0	
	9.00	529.0	
	10.80	529.0	
	12.20	529.0	
ไอโซแลน บอร์โด เค-อาร์แอลเอส	1.20	642.5	19
	3.10	642.5	
	5.00	642.5	
	7.00	642.5	
	9.00	642.5	
	10.80	642.5	
	12.10	642.5	

## ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	pH	ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดี (นาโนเมตร)	Absorption Spectra รูปที่
เมทิล ออเรนจ์	1.30	505.0	20
	3.10	500.0	
	5.00	457.5	
	7.00	457.5	
	9.00	457.5	
	10.80	457.5	
	12.10	457.5	
ลานาเฟิล สคาร์เลต	1.30	487.5	21
	3.10	487.5	
	5.00	487.5	
	7.00	487.5	
	9.00	487.5	
	10.80	487.5	
	12.10	487.5	
ออเรนจ์ II	1.30	482.5	22
	3.30	482.5	
	5.10	482.5	
	7.00	482.5	
	9.00	482.5	
	10.80	482.5	
	12.30	450.0	
ออเรนจ์ สี	1.25	452.5	23
	2.90	452.5	
	5.00	452.5	
	7.00	435.0	
	8.90	435.0	
	10.70	435.0	
	12.10	435.0	



## ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	pH	ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดี (นาโนเมตร)	Absorption Spectra รูปที่
ออเรนจ์ อาร์เจน	1.20	482.5	24
	3.00	482.5	
	5.00	482.5	
	7.00	482.5	
	9.00	482.5	
	10.00	482.5	
	12.10	425.0	
คายากู ไตเรค ฟาสท์ ออเรนจ์ เอล	1.20	492.5	25
	2.90	492.5	
	5.00	492.5	
	7.00	492.5	
	9.10	492.5	
	10.75	492.5	
	12.10	447.5	
ลานาเพิล บริลเลียนท์ ออเรนจ์ ซี	1.30	485.0	26
	2.90	485.0	
	5.00	485.0	
	7.00	485.0	
	8.90	485.0	
	10.80	485.0	
	12.00	485.0	
แมพทอล เบลโลว์	1.30	425.0, 386.3	27
	3.00	425.0, 386.3	
	5.00	425.0, 386.3	
	7.00	425.0, 386.3	
	8.85	425.0, 386.3	
	10.80	425.0, 386.3	
	12.00	425.0, 386.3	

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	pH	ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดี (นาโนเมตร)	Absorption Spectra รูปที่
อิริโอโครม ฟลาวิน เอ	1.30	325.0	28
	3.15	352.5	
	5.10	355.0	
	7.00	352.5	
	8.90	355.0	
	10.65	362.5	
	12.05	460.0	
ลานาเฟิล ฟาสท์ เบลโลว์ สีอาร์	1.30	407.5	29
	2.85	407.5	
	5.00	405.0	
	6.95	405.0	
	8.85	415.0	
	10.85	427.5	
	12.00	427.5	
คริสโซฟิโน ส	1.20	400.0	30
	3.10	412.5	
	5.00	412.5	
	7.00	412.5	
	9.00	412.5	
	10.85	412.5	
	12.10	412.5	
ออรามิน	1.45	412.0	31
	3.20	427.5, 365.0	
	5.15	427.5, 365.0	
	7.05	427.5, 365.0	
	9.00	427.5, 365.0	
	10.70	427.5, 365.0	
	12.10	315.0	



ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	pH	ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดี (นาโนเมตร)	Absorption Spectra รูปที่
ควิโนลิน เฮลโลว์	1.40	410.0	32
	2.90	410.0	
	5.05	410.0	
	7.05	410.0	
	8.80	410.0	
	10.75	410.0	
	12.00	372.5	
รีมาคริล เฮลโลว์ 4 ซีแอล	1.40	407.5	33
	3.10	407.5	
	5.00	407.5	
	7.00	407.5	
	9.00	401.3	
	10.70	-	
	12.10	-	
แนพทอล กรีน ซี	1.30	712.5	34
	2.90	712.5	
	5.00	712.5	
	7.00	712.5	
	8.85	712.5	
	10.85	712.5	
	12.00	712.5	
มาลาโคท์ กรีน	1.20	615.0, 418.8	36
	2.90	615.0, 418.8	
	5.00	615.0, 418.8	
	7.00	615.0, 418.8	
	9.00	615.0, 418.8	
	10.85	615.0, 418.8	
	12.10	615.0, 418.8	

## ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	pH	ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดี (นาโนเมตร)	Absorption Spectra รูปที่
อิริโอ กรีน ซี	1.35	637.5	35
	3.20	637.5	
	5.15	637.5	
	7.05	637.5	
	8.90	637.5	
	10.70	637.5	
	12.10	637.5	
คายานอล ไชยานิน กรีน ซี	1.25	635.0, 600.0	37
	2.90	635.0, 600.0	
	5.00	635.0, 600.0	
	7.00	635.0, 600.0	
	8.90	635.0, 600.0	
	10.75	635.0, 600.0	
	12.00	635.0, 600.0	
คายานอล ไชยานินซี	1.20	635.0	38
	3.05	575.0	
	5.00	575.0	
	7.00	575.0	
	9.00	575.0	
	10.85	575.0	
	12.20	525.0	
คายานอล ไชยานิน 6 ซี	1.30	540.0	39
	3.10	546.3	
	5.00	546.3	
	7.00	546.3	
	9.00	546.3	
	10.60	546.3	
	12.15	520.0	

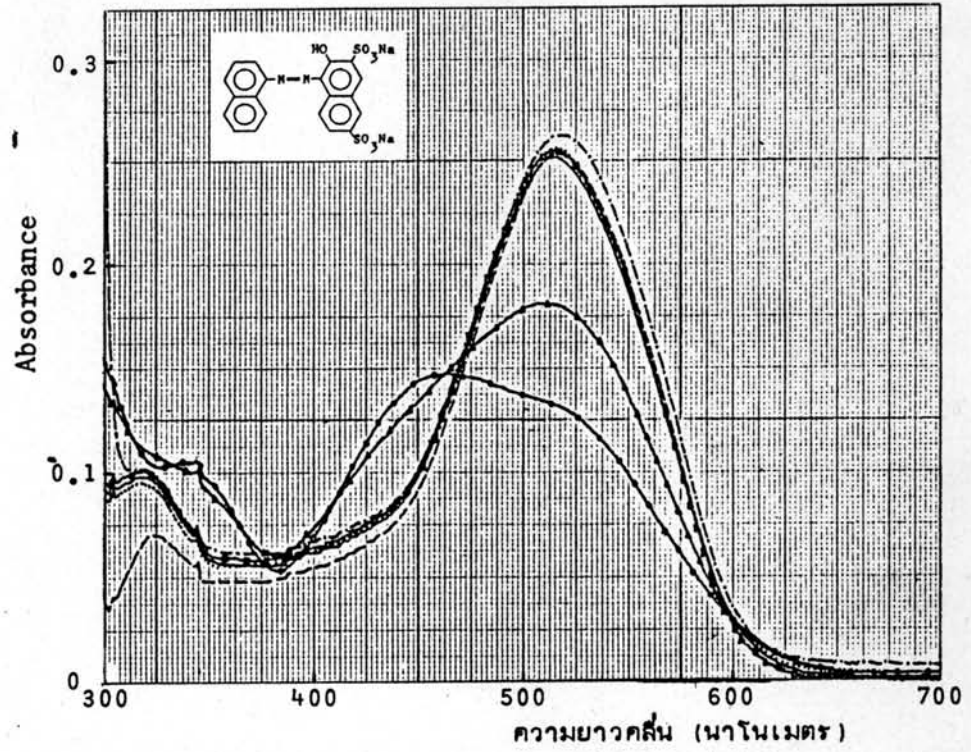
## ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	pH	ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดี (นาโนเมตร)	Absorption Spectra รูปที่
ดูราซอล บลู ซี	1.30	601.3	40
	3.15	601.3	
	5.05	601.3	
	7.00	601.3	
	8.90	601.3	
	10.70	601.3	
	12.10	601.3	
เมทีลีน บลู	1.30	660.0	42
	3.10	633.8	
	5.05	660.0	
	7.00	660.0	
	8.90	660.0	
	10.60	660.0	
	12.20	607.5	
ลานาเฟิล บลู ซี	1.30	612.5	41
	2.85	612.5	
	5.10	612.5	
	7.00	612.5	
	9.00	612.5	
	10.85	612.5	
	12.15	612.5	
รีมาคริล บลู ซี	1.15	632.5	43
	2.75	637.5	
	5.00	637.5	
	7.00	632.5	
	8.85	632.5	
	10.70	637.5	
	12.05	648.8	

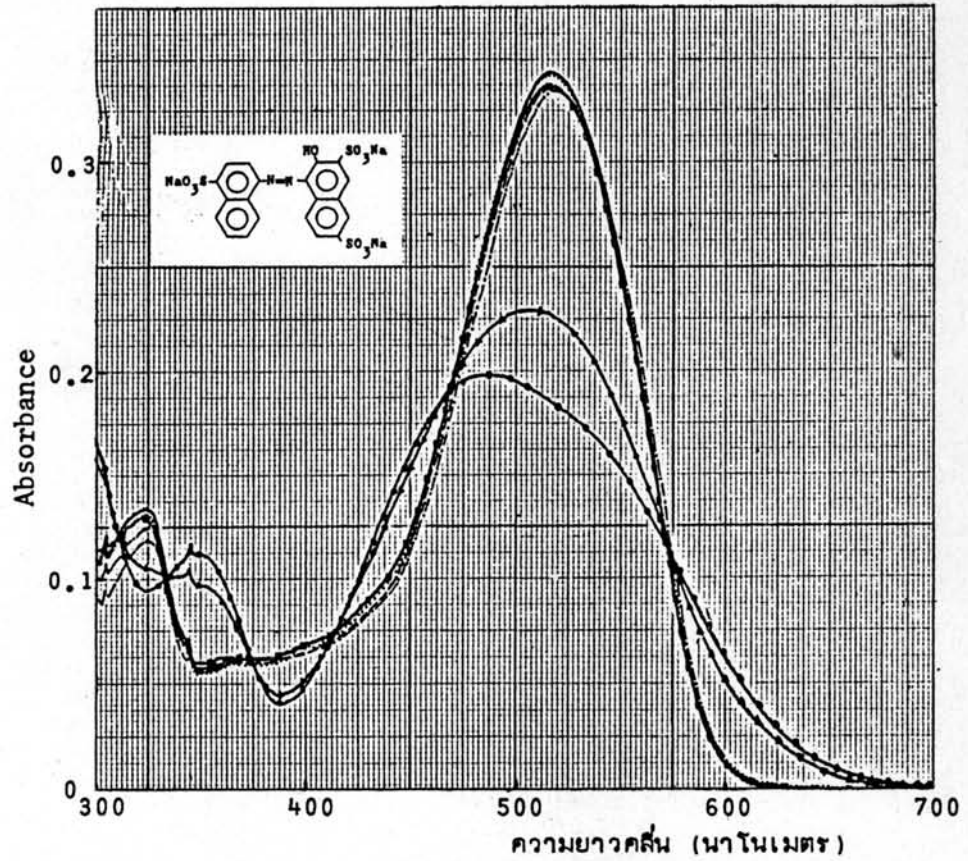
## ตารางที่ 5 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	pH	ความยาวคลื่นที่ถูกดูดกลืนได้ดี (นาโนเมตร)	Absorption Spectra รูปที่
อะมิโต บลู เอ	1.35	633.8	44
	3.15	633.8	
	5.15	633.8	
	7.05	633.8	
	8.85	633.8	
	10.50	633.8	
	12.10	633.8	
ไตอะมีน บริลเลียนท์ ไวโอเลต ซี	1.25	520.0	45
	2.85	542.5	
	5.00	542.5	
	6.95	542.5	
	8.85	542.5	
	10.50	542.5	
	12.00	542.5	
ดูราซอล ไวโอเลต อาร์	1.23	518.8	46
	3.00	540.0	
	5.05	540.0	
	7.00	540.0	
	8.90	540.0	
	10.55	540.0	
	12.10	540.0	
เมทิล ไวโอเลต	1.30	617.5	47
	2.90	577.5	
	5.00	577.5	
	6.90	577.5	
	8.80	577.5	
	10.70	577.5	
	12.10	562.5	



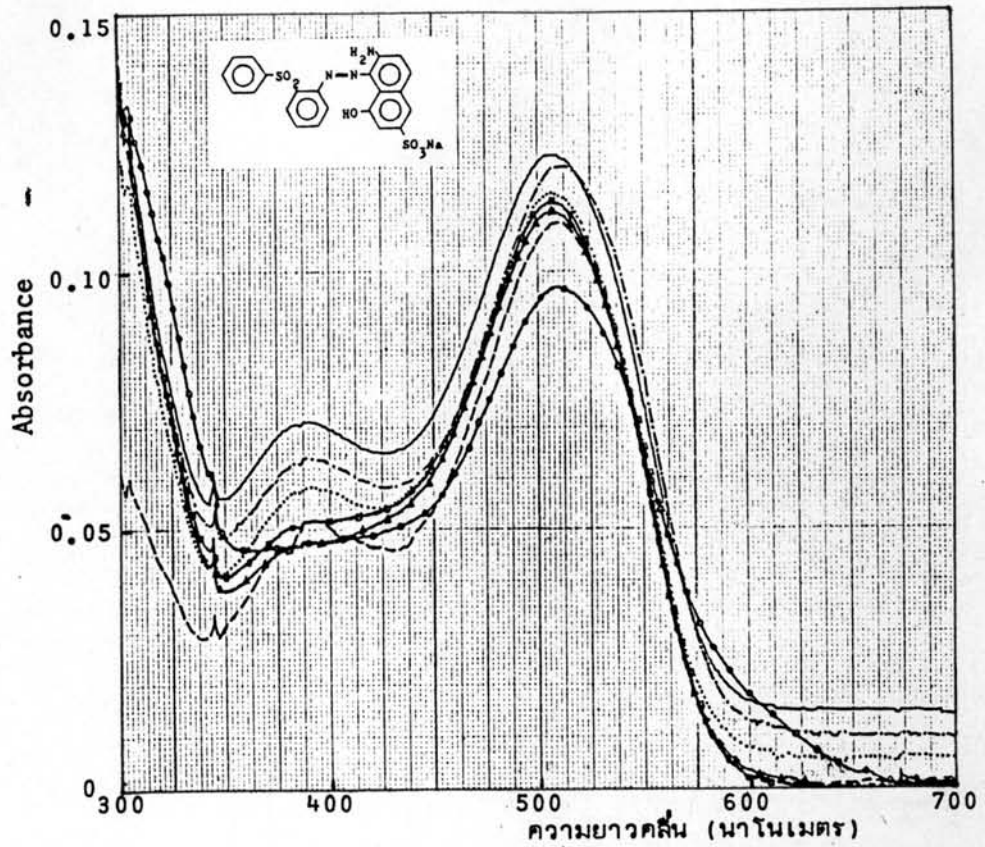


รูปที่ 7 แสดงวิไลเบิลสเปกตร้าของบอร์โด เรด (Bordeaux red) ที่ pH ต่าง ๆ

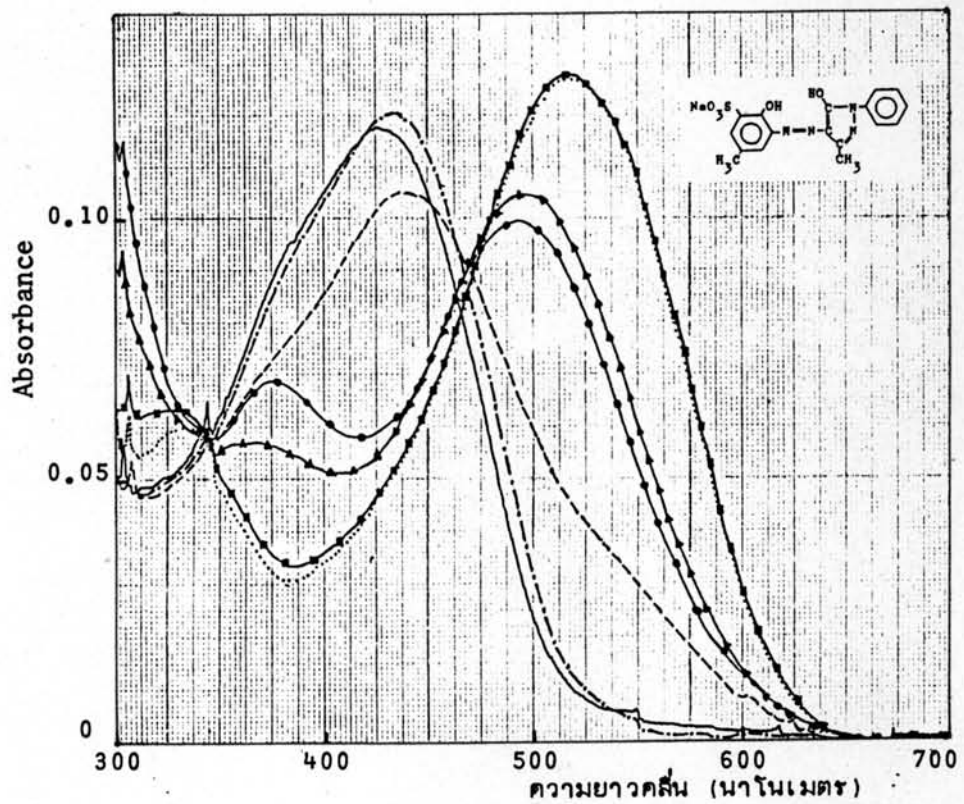


รูปที่ 8 แสดงวิไลเบิลสเปกตร้าของอะมะแรนท์ (Amaranth) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์แสดงสีเปกตร้าของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันอยู่ที่หน้า 86

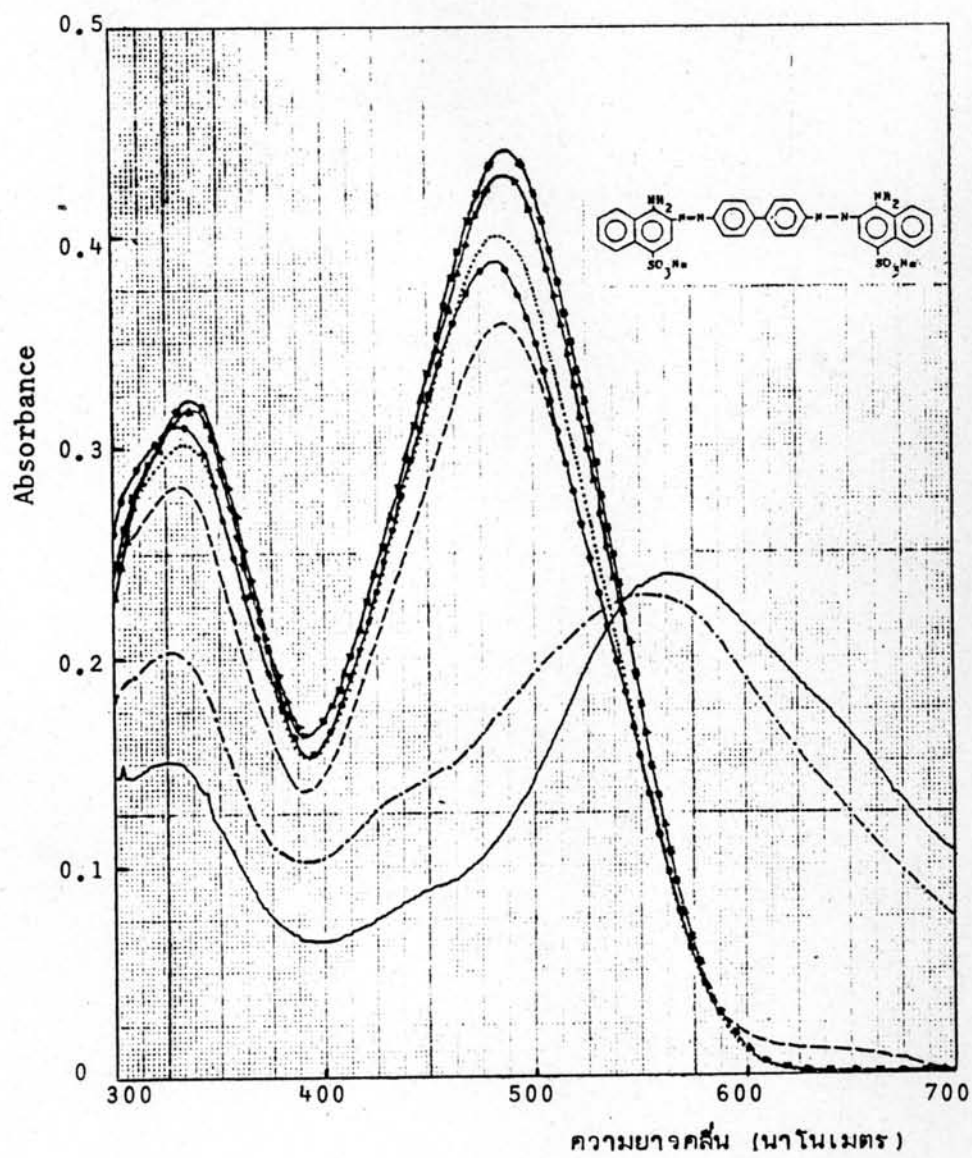


รูปที่ 9 แสดงวิไลเบิลสเปกตร้าของลานาเพิล เรด บี (Lanaperl Red B) ที่ pH ต่าง ๆ



รูปที่ 10 แสดงวิไลเบิลสเปกตร้าของอิริโอโครม เรด จี (Eriochrome Red G) ที่ pH ต่าง ๆ \*

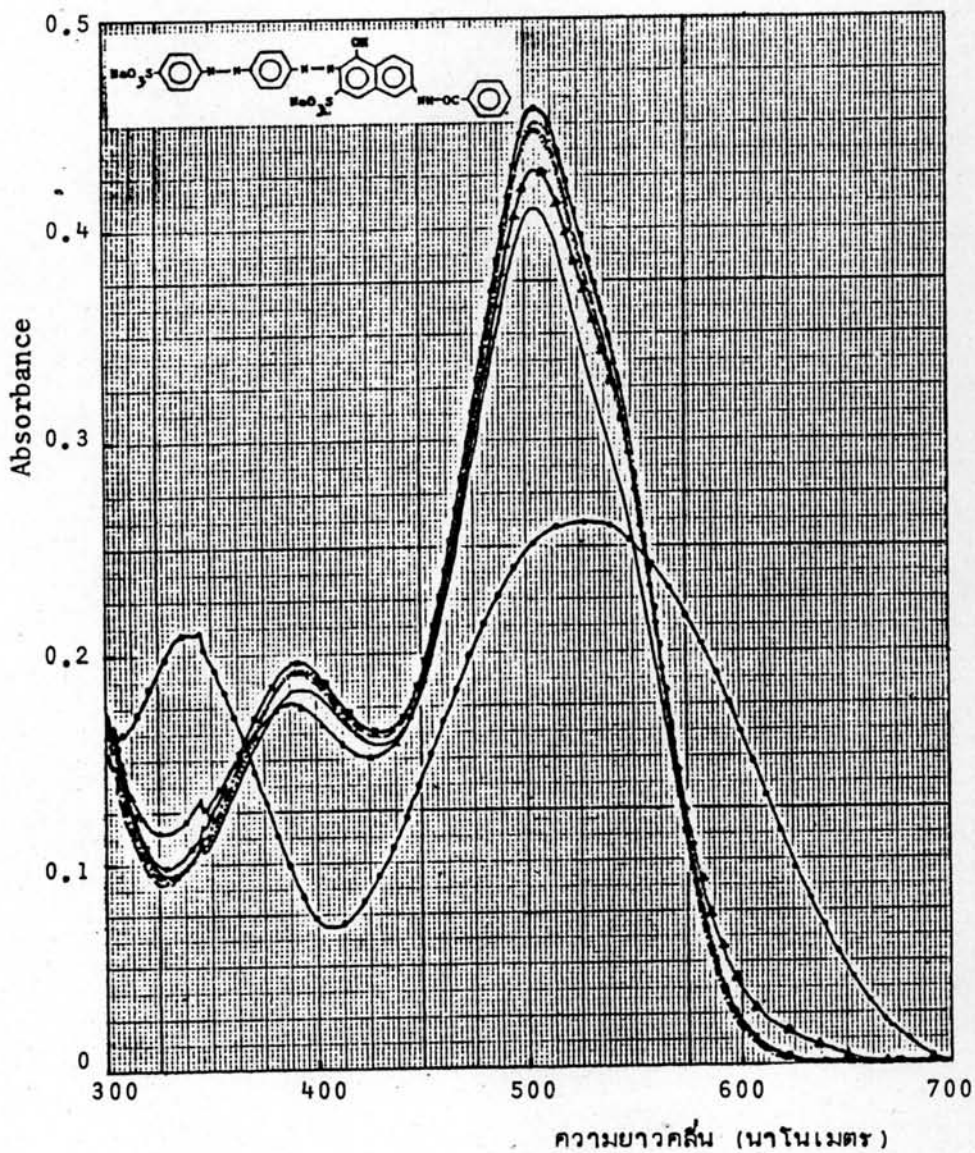
\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตร้าของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86



รูปที่ 11 แสดงวิไลเบสเปต รายของคองโก เรด (Congo Red) ที่ pH ต่าง ๆ \*

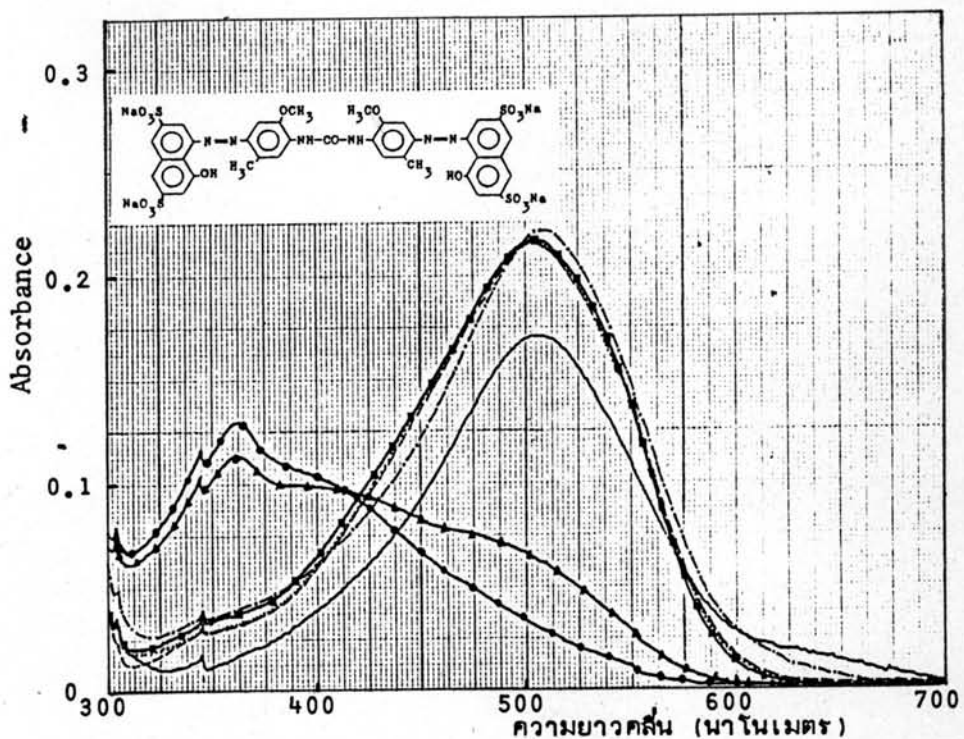
\* สัญลักษณ์แสดงสีเปกตราของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันอยู่ที่หน้า 86



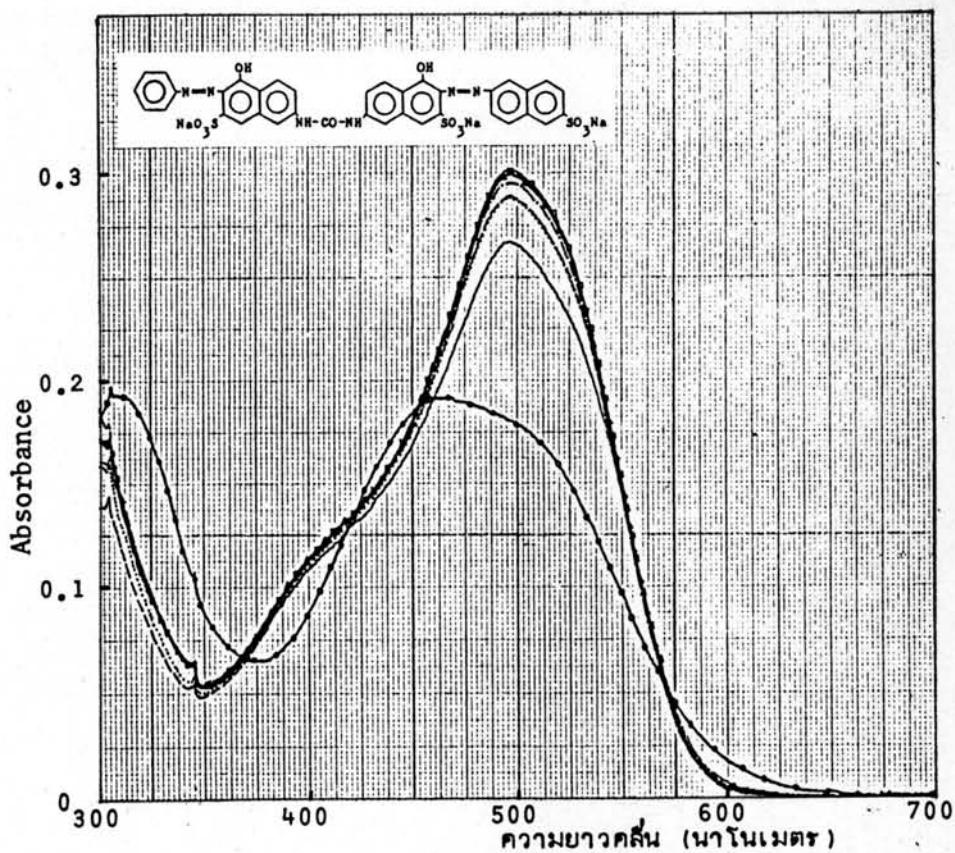


รูปที่ 12 แสดงวิสเปิลสเปกตรัมของซีเรียส เรด 4บี (Sirius red 4B) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สันนิษฐานว่าแสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86

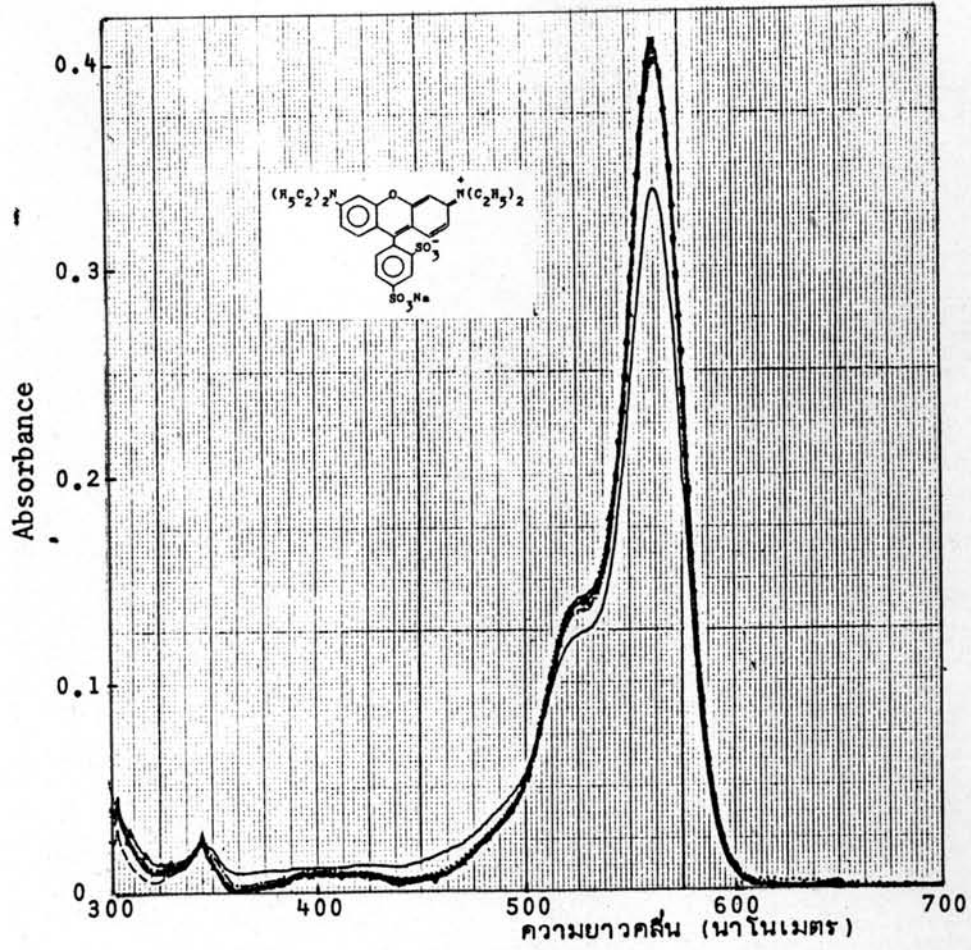


รูปที่ 13 แสดงวิธีเบิลสเปกตรัมของดูราซอล เรด 2บี (Durazol Red 2B) ที่ pH ต่าง ๆ \*

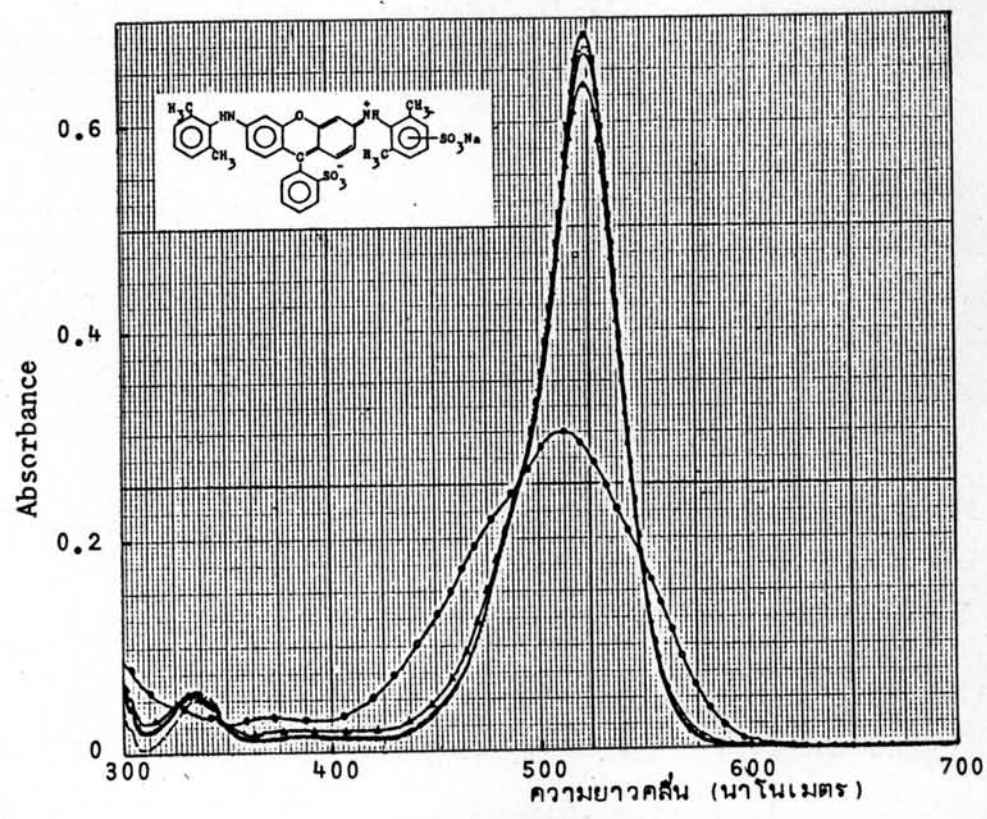


รูปที่ 14 แสดงวิธีเบิลสเปกตรัมของเบนโซ สการ์เลต จีเอส (Benzo Scarlet GS) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันอยู่ที่หน้า 86

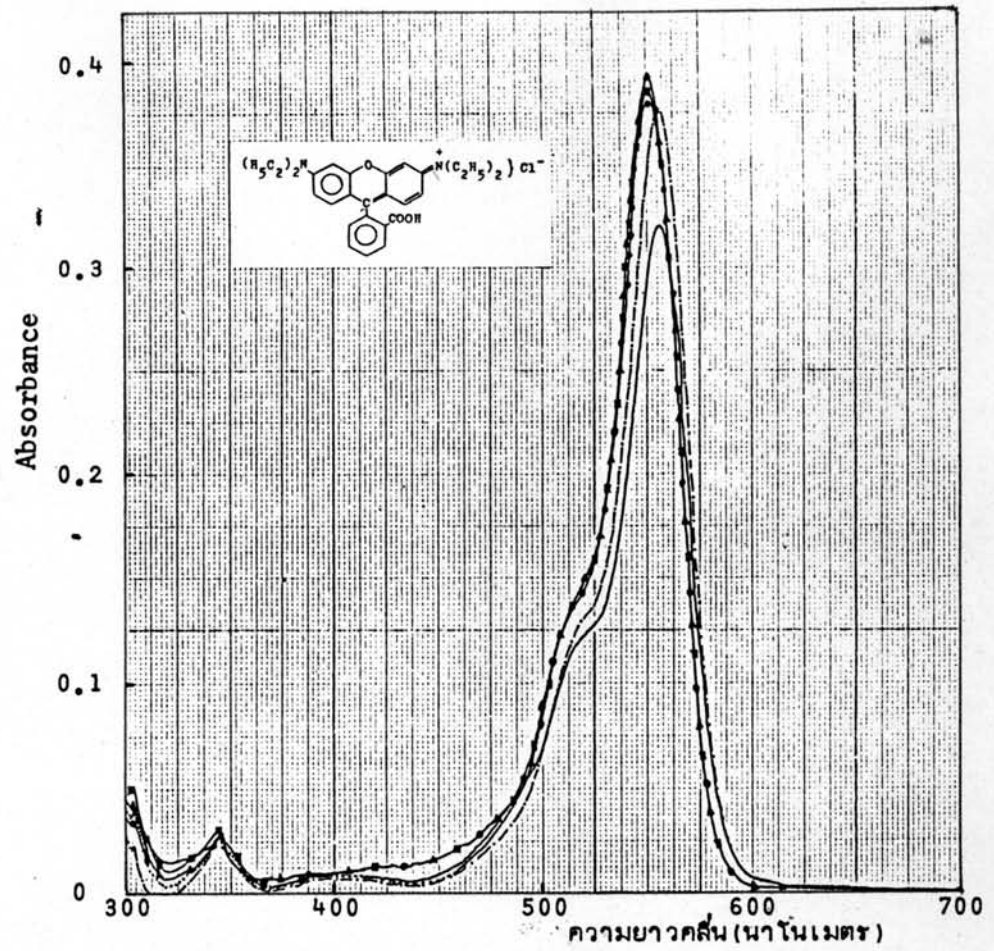


รูปที่ 15 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของอะมิโด โรดามิน บี (Amido Rhodamine B) ที่ pH ต่าง ๆ \*

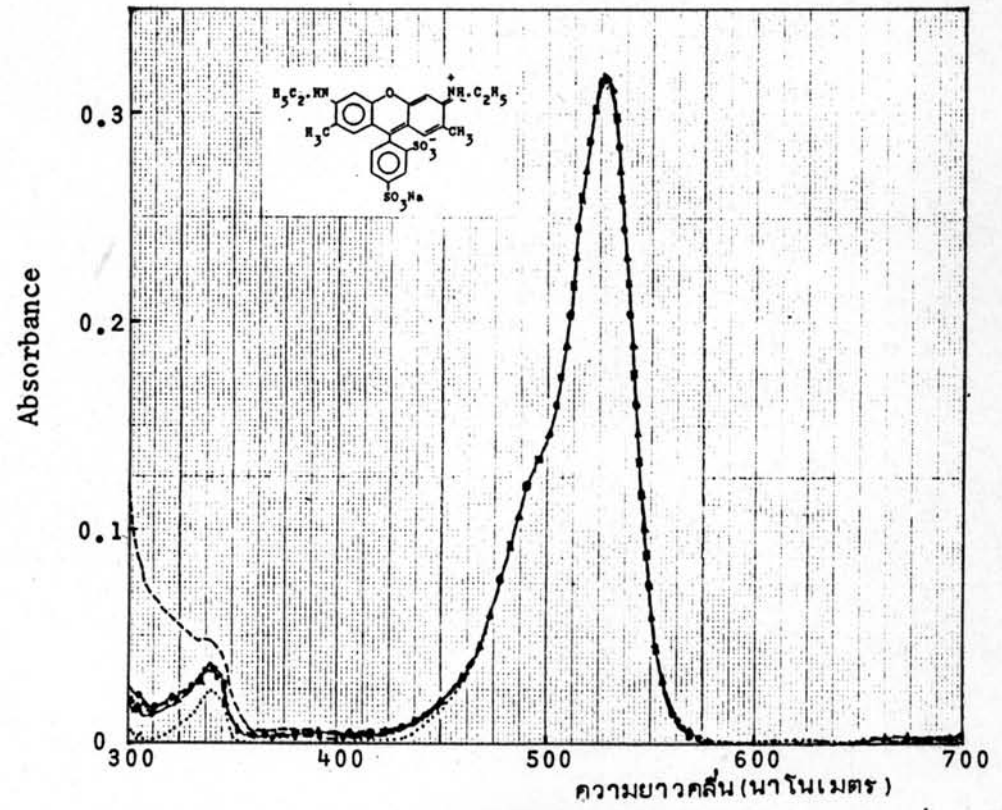


รูปที่ 16 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของลานาเพิล ฟาสท์ พิงค์ อาร์ (Lanaperl Fast Pink R) ที่ pH ต่าง ๆ

\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86

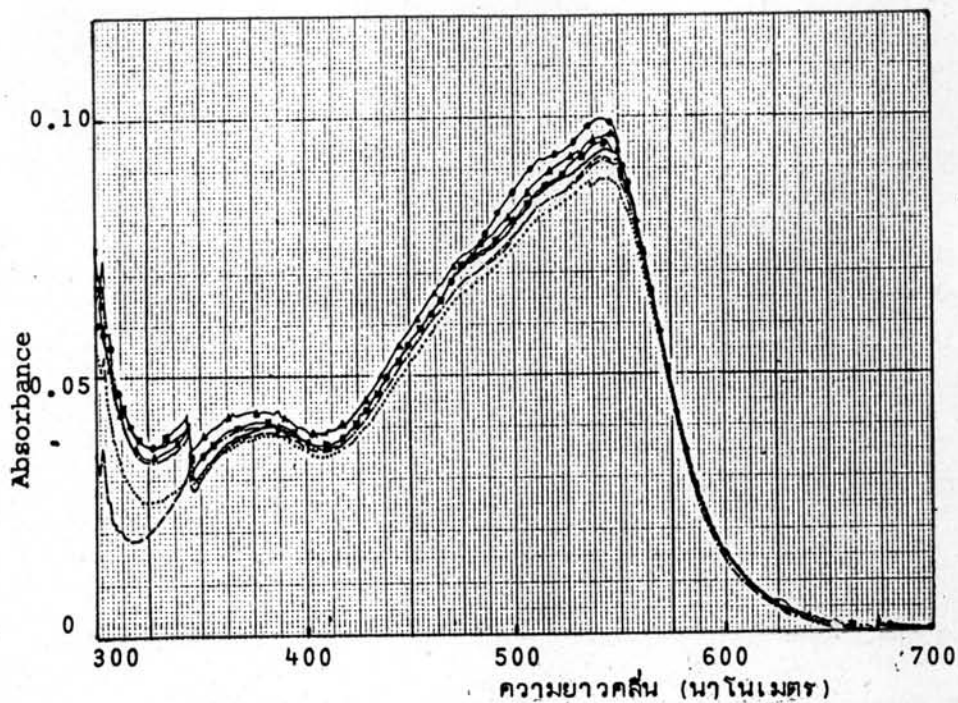


รูปที่ 17 แสดงวิไลเบสเปต รายของโรดามีน บี (Rhodamine B) ที่ pH ต่าง ๆ \*

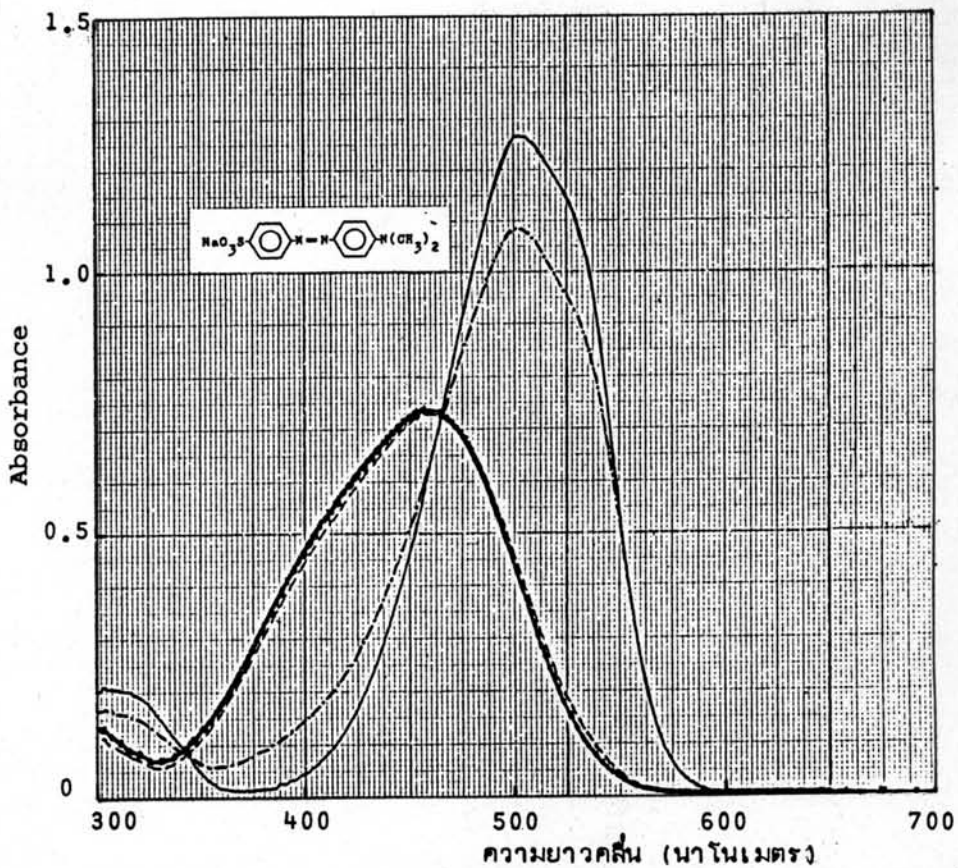


รูปที่ 18 แสดงวิไลเบสเปต รายของอะมิโด โรดามีน จี (Amido Rhodamine G) ที่ pH ต่าง ๆ \*

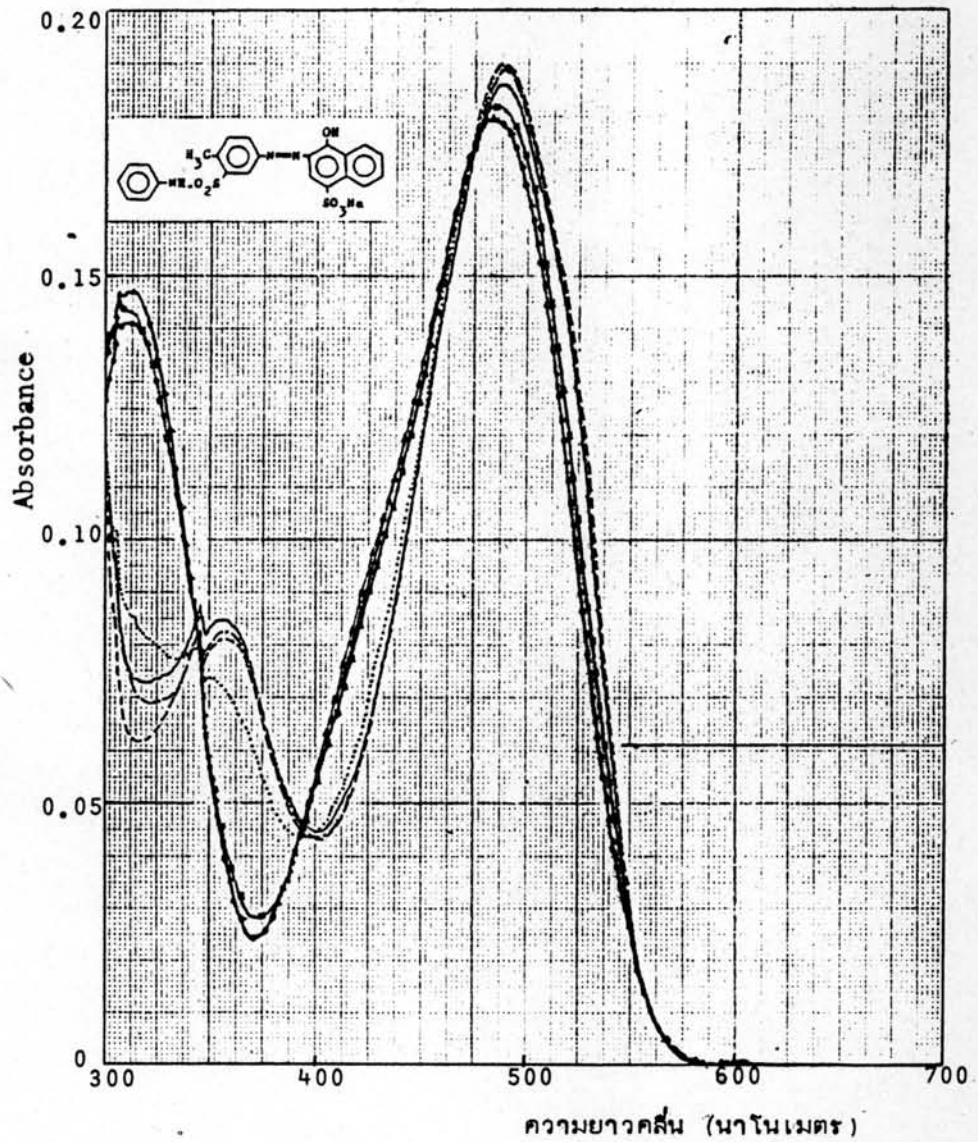
\* สัญลักษณ์แสดงล่เปต รายของสีย้อมซึ่งทลลงที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86



รูปที่ 19 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของไอโซแลน บอร์โด เค-อาร์แอลเอส (Isolan Bordeaux K-RLS) ที่ pH ต่าง ๆ \*

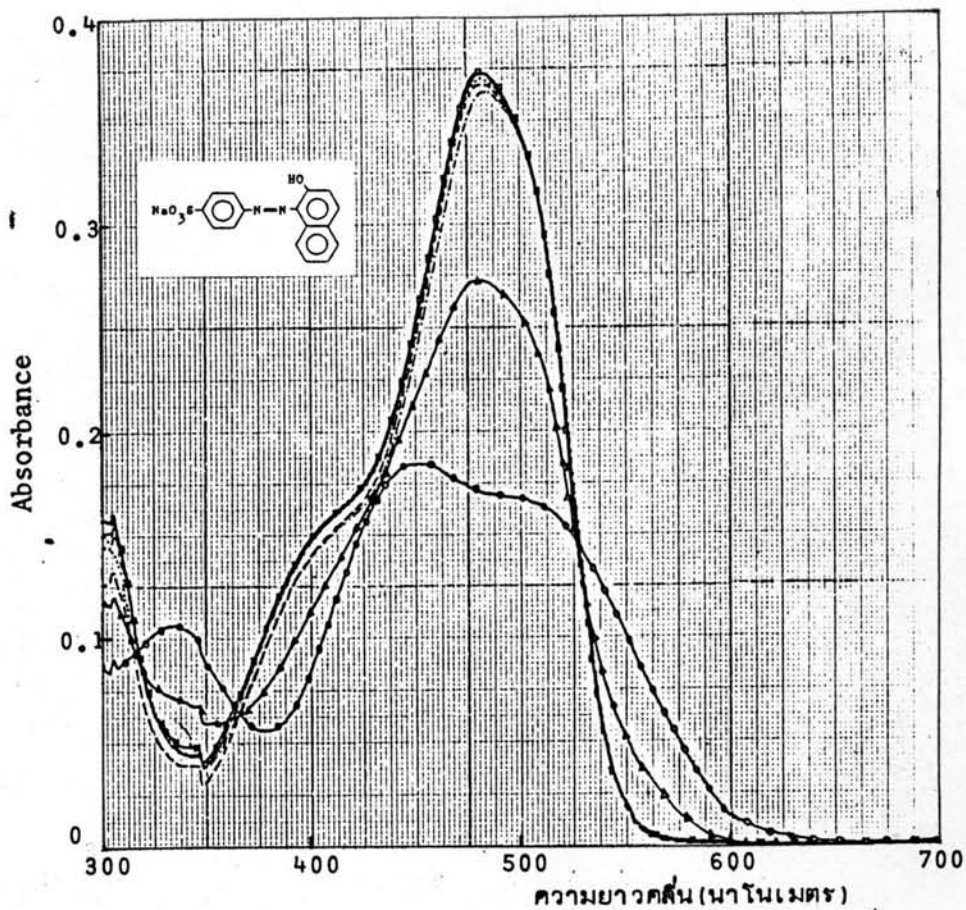


รูปที่ 20 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของเมทิล ออเรนจ์ (Methyl Orange) ที่ pH ต่าง ๆ \*  
 \* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86

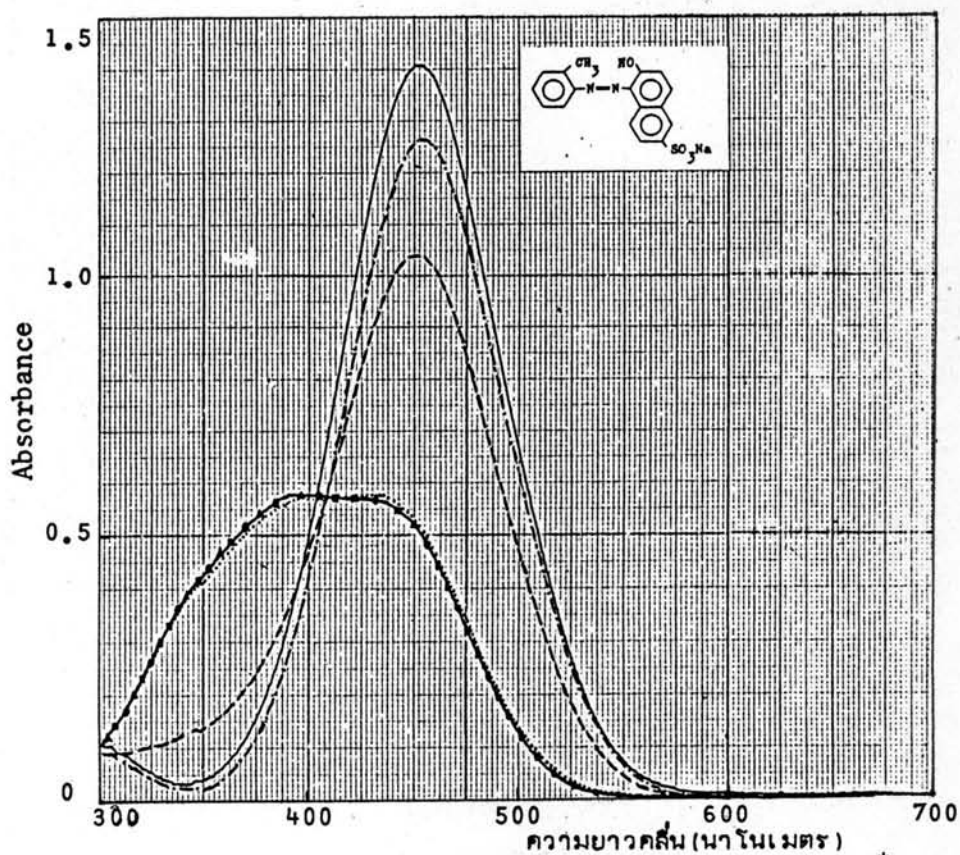


รูปที่ 21 แสดงวิไลเบสเปกตรายของลานาเพิล สคาร์เลต จี (Lanaperl Scarlet G) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรายของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86

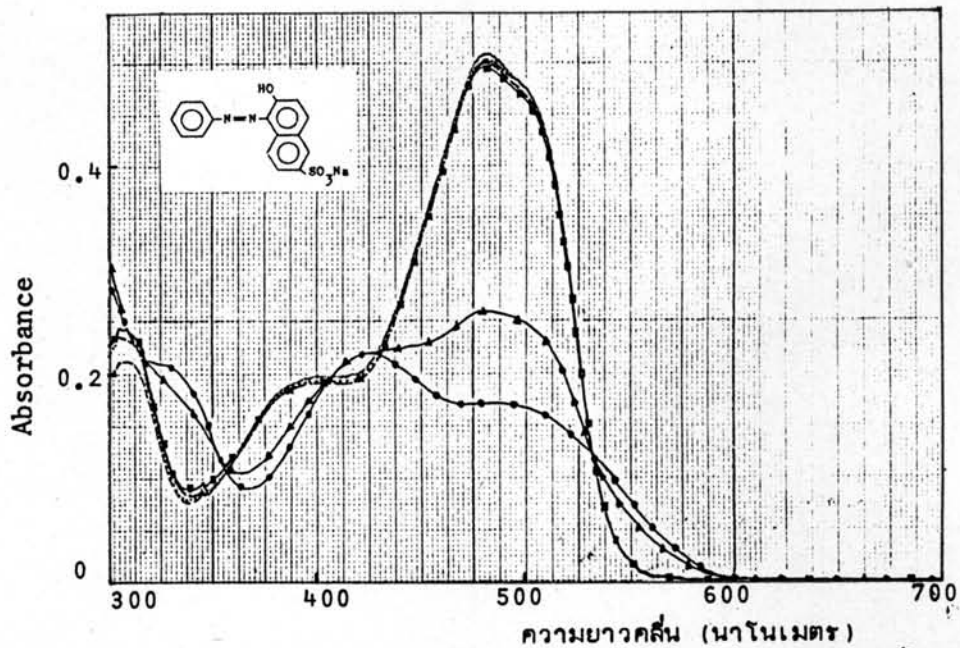


รูปที่ 22 แสดงวิไลเบสเปกตรารของออเรนจ์ II (Orange II) ที่ pH ต่าง ๆ \*

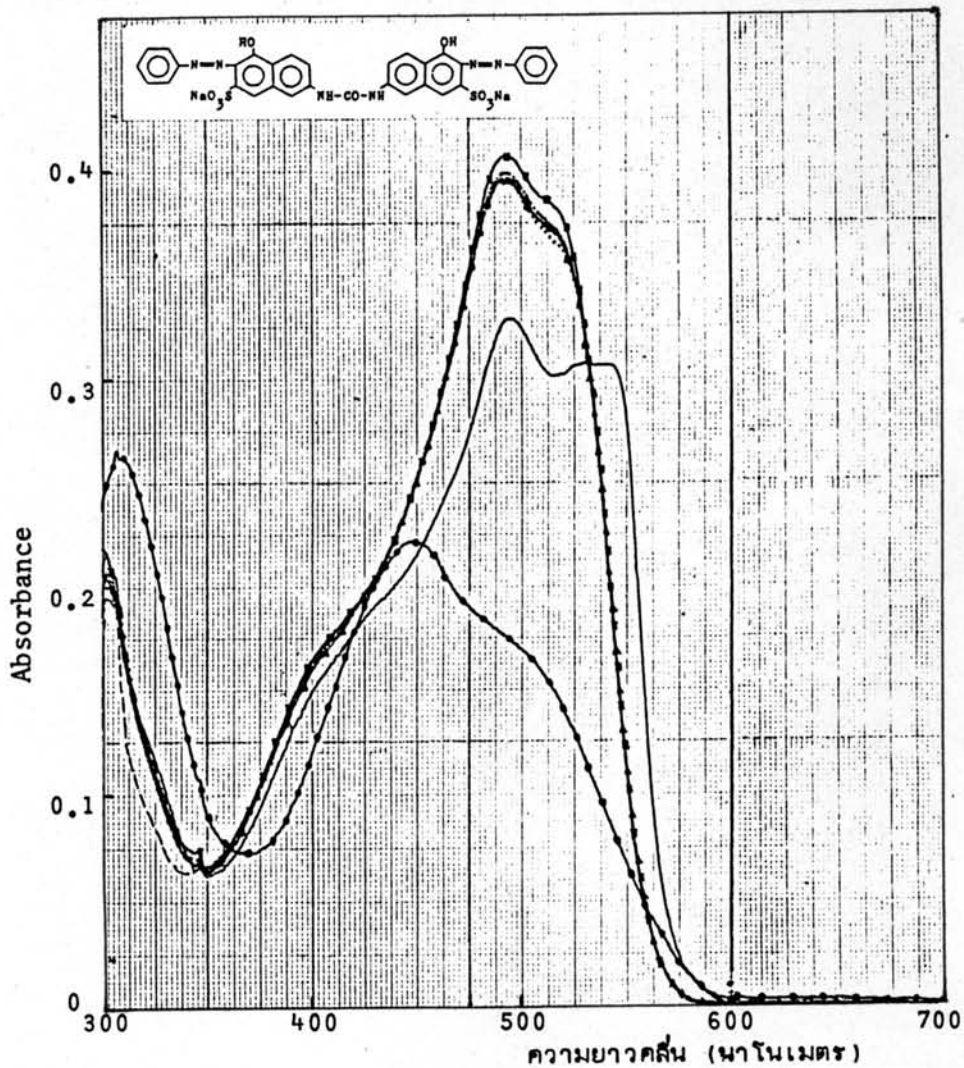


รูปที่ 23 - แสดงวิไลเบสเปกตรารของออเรนจ์ ซีที (Orange GT) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สันยัญลักษณ์แลคตลเปกตรารของลีย้อมซึ่งทคลงที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86



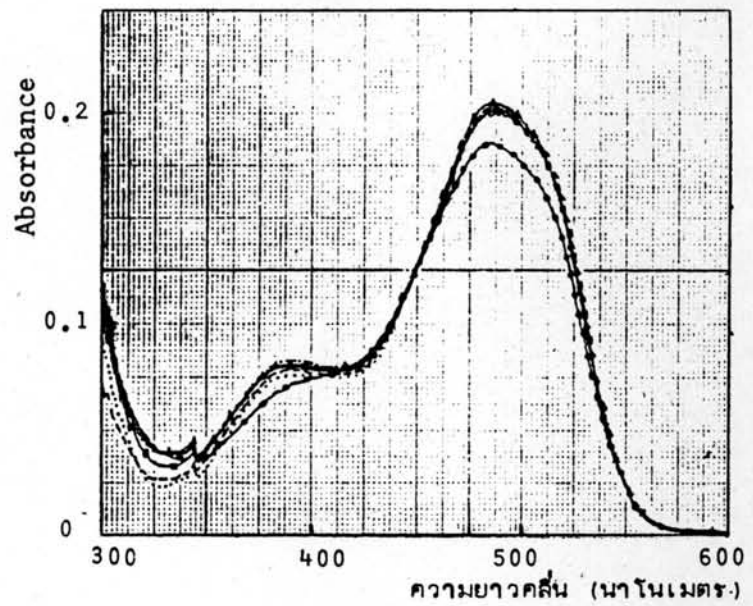
รูปที่ 24 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของออเรนจ์ อาร์เอ็น (Orange RN) ที่ pH ต่าง ๆ \*



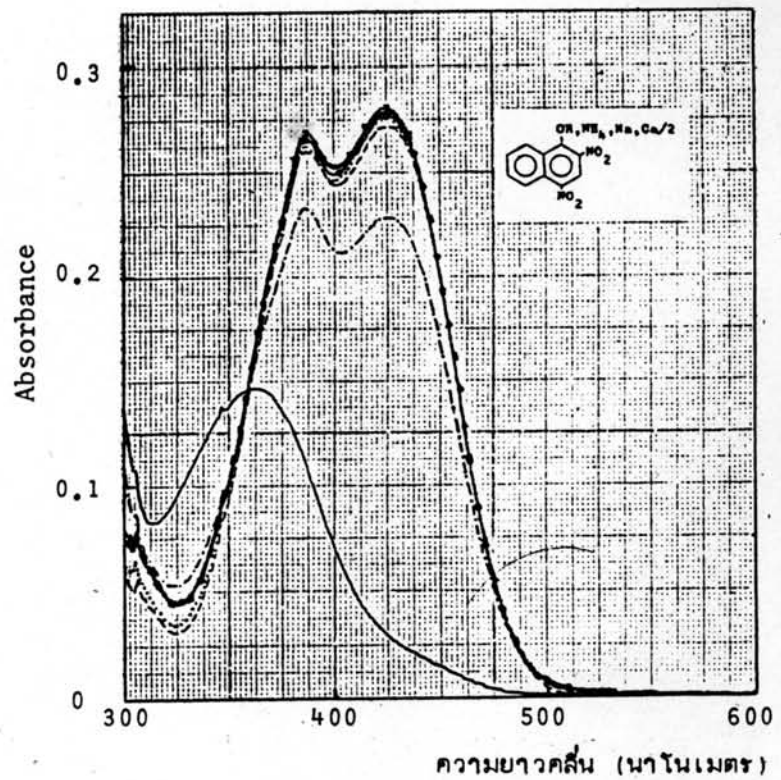
รูปที่ 25 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของคายากุ ไคเรคต์ ฟาสต์ ออเรนจ์ เอส (Kayaku Direct Fast Orange S) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันอยู่ที่หน้า 86



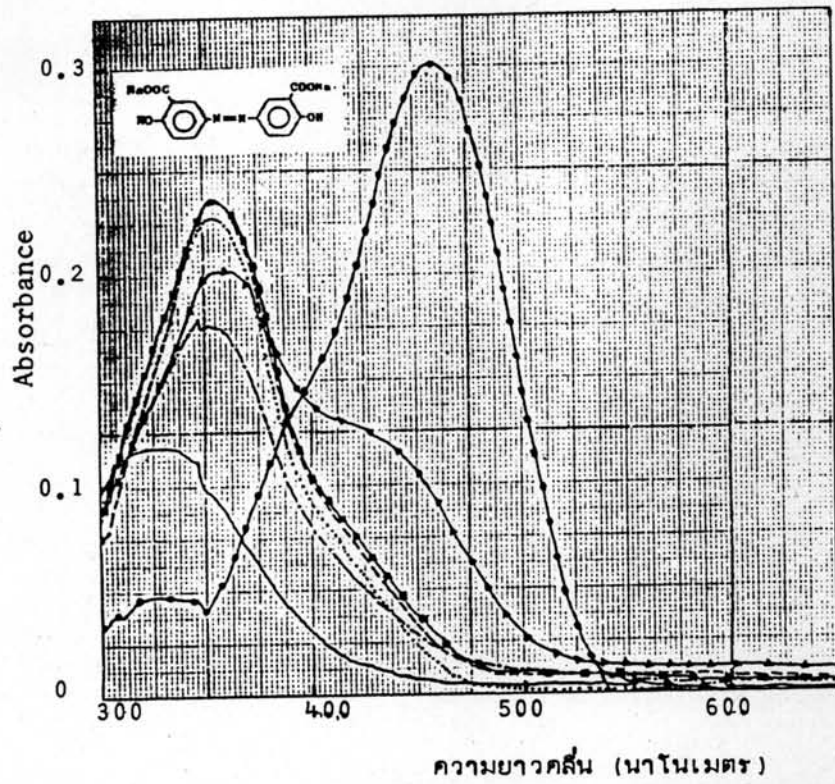


รูปที่ 26 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของลานาเพิล บริลเลียนท์ ออเรนจ์ จี (Lanaperl Brilliant Orange G) ที่ pH ต่าง ๆ \*

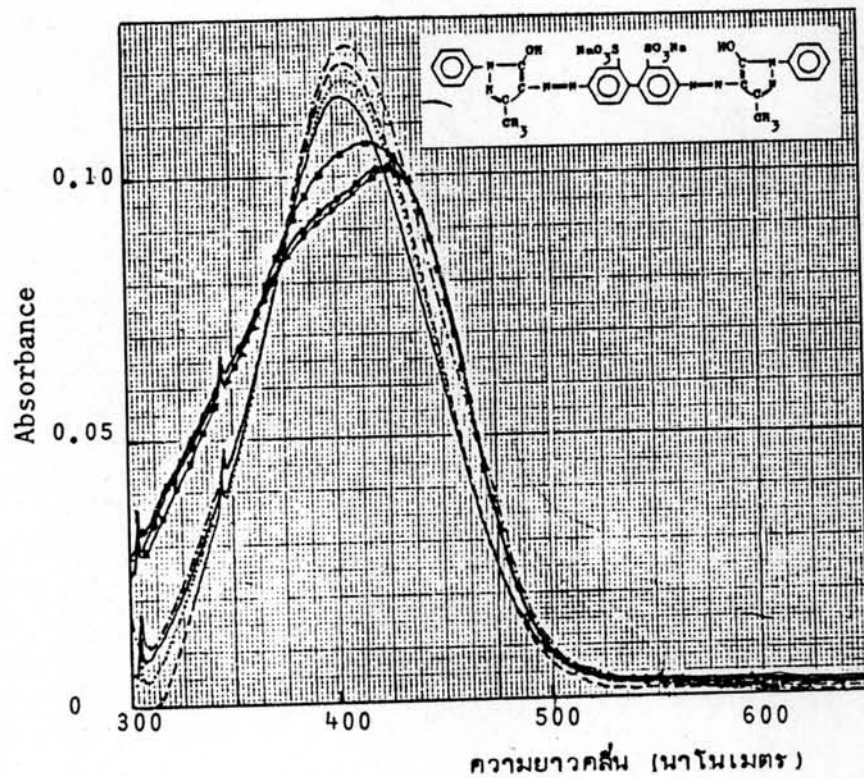


รูปที่ 27 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของแนพทอล เยลโลว์ (Naphthol Yellow) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัมผัสกับขด้นแสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86



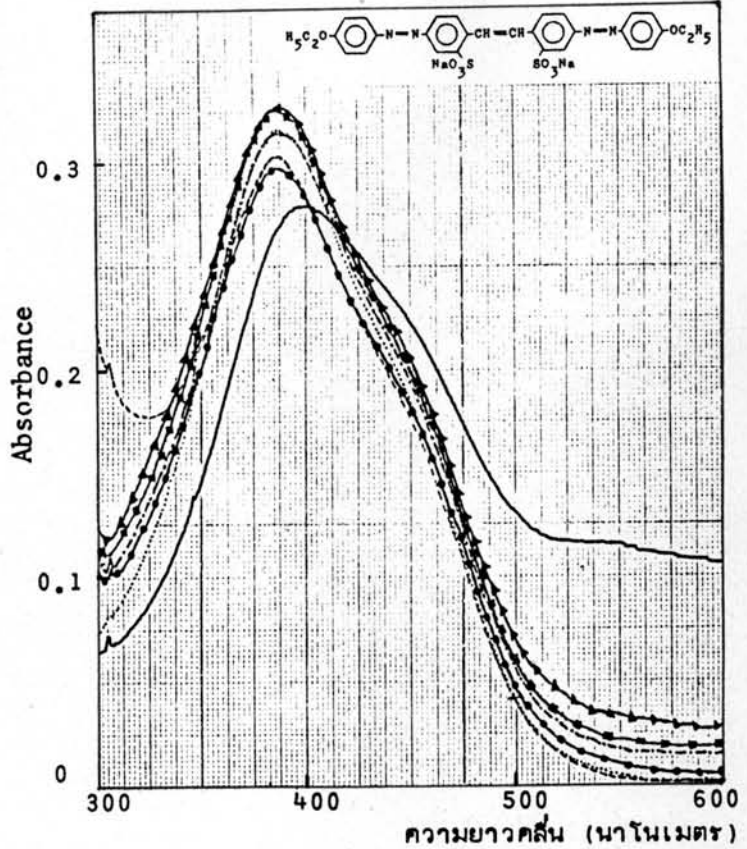
รูปที่ 28 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของอิริโอโครม ฟลาวิน เอ (Eriochrome Flavine A) ที่ pH ต่าง ๆ



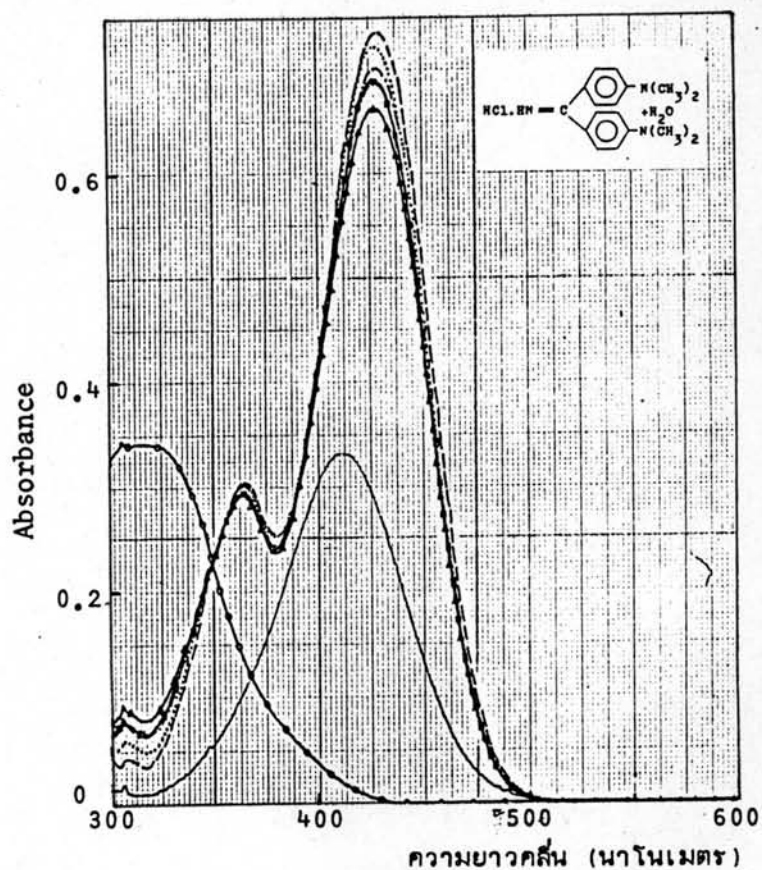
รูปที่ 29 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของลานาเพิล ฟาสต์ เยลโลว์ จีอาร์ (Lanaperl Fast Yellow GR)

ที่ pH ต่าง ๆ \*

\*สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86

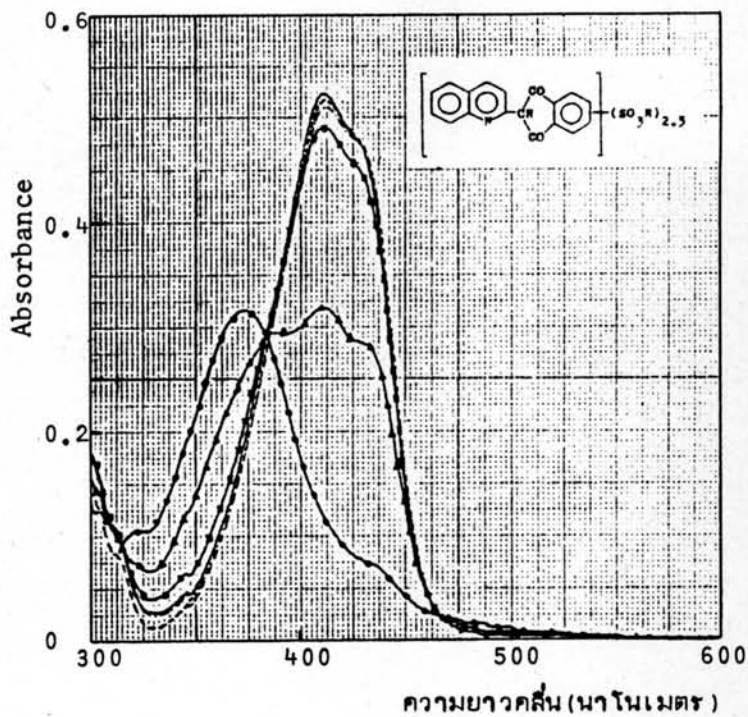


รูปที่ 30 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของคริสโซฟิโน จี (Crysophinine G) ที่ pH ต่าง ๆ \*

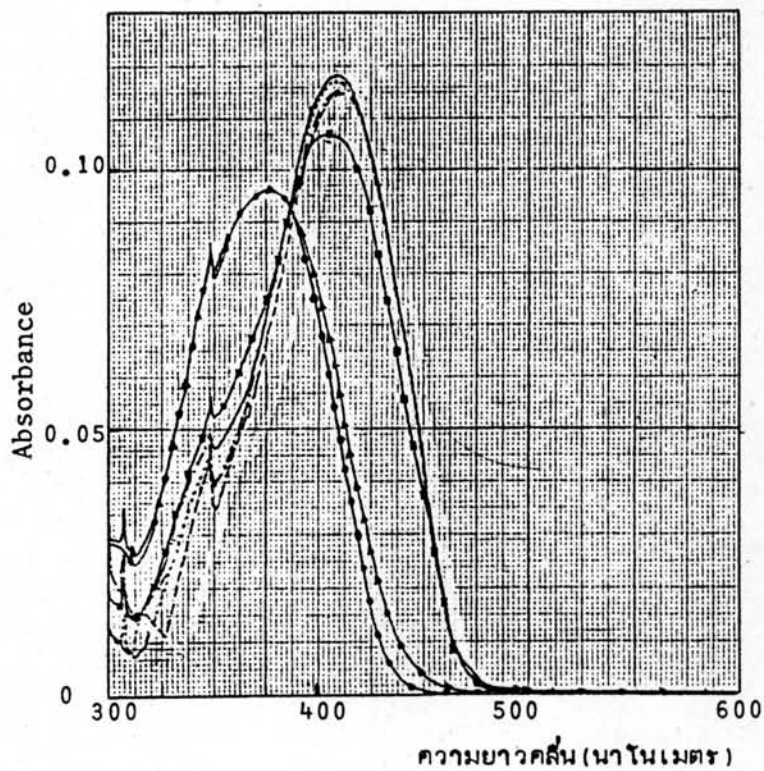


รูปที่ 31 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของออรามิน (Auramine) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86

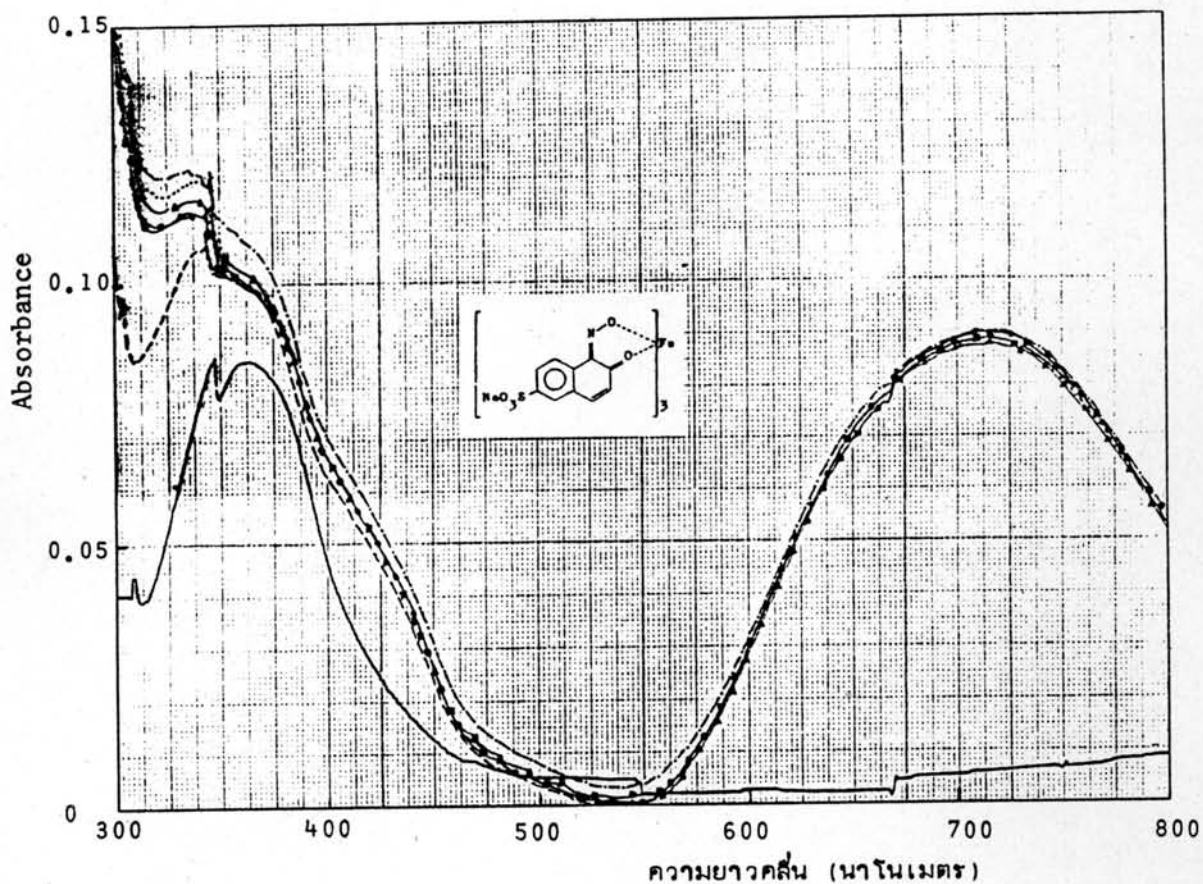


รูปที่ 32 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของควิโนลีน เยลโลว์ (Quinoline Yellow) ที่ pH ต่าง ๆ \*

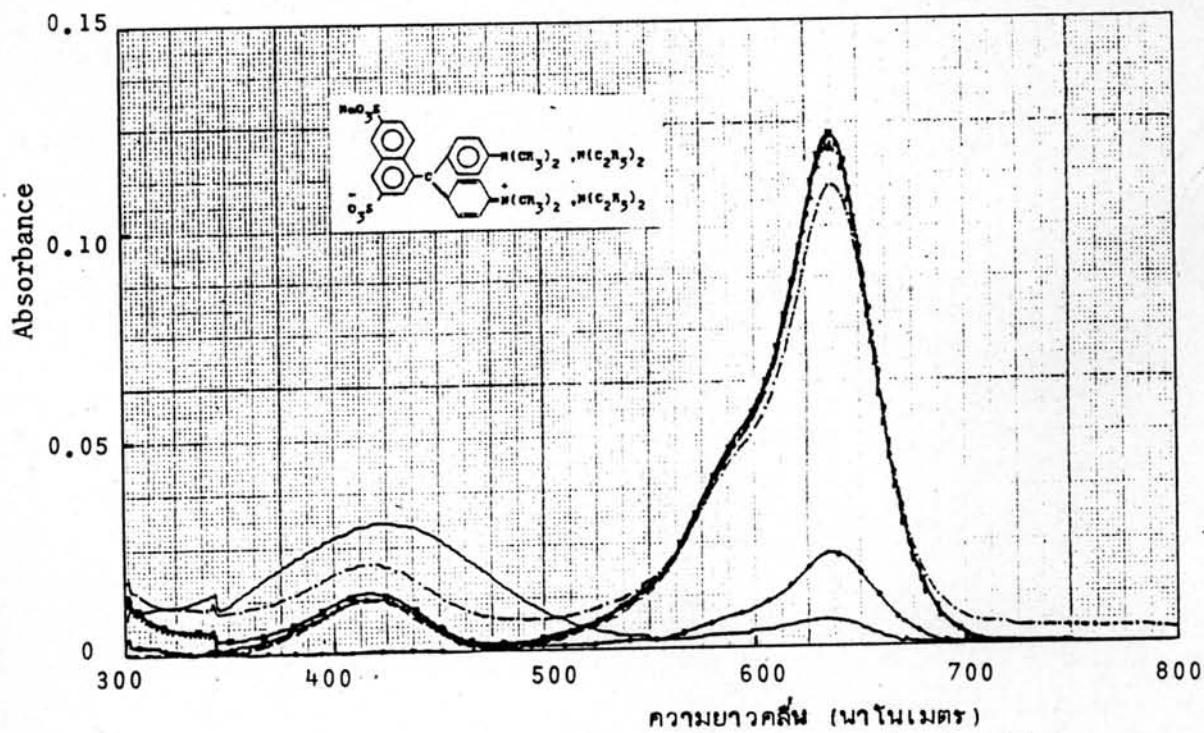


รูปที่ 33 แสดงวิสิเบิลสเปกตรัมของรีมาคริล เยลโลว์ 4จีแอล (Remacryl Yellow 4GL) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86

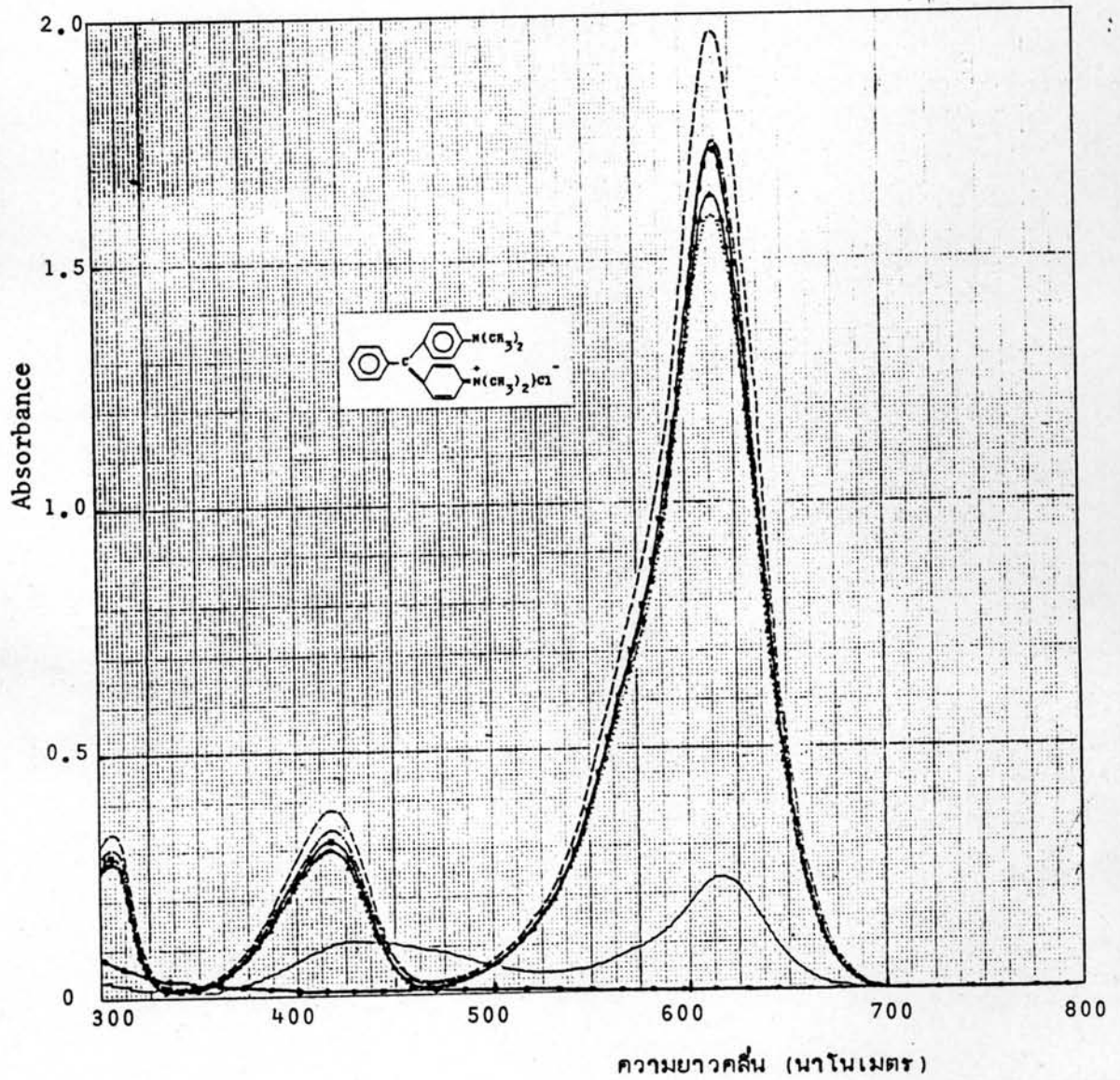


รูปที่ 34 แสดงวิไลเบสเปกตรารายของแนพทอล กรีน บี (Naphthol Green B) ที่ pH ต่าง ๆ \*



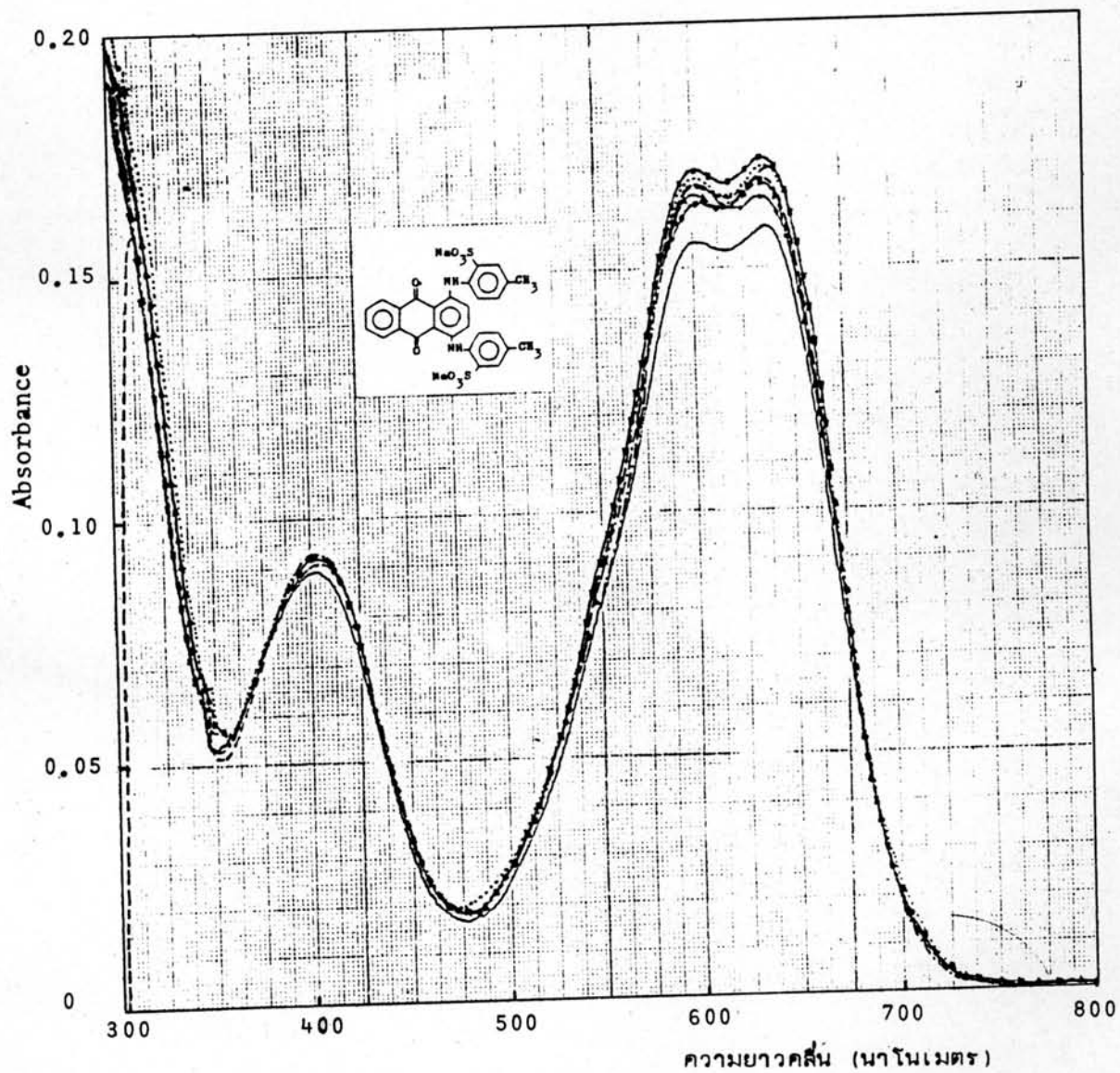
รูปที่ 35 แสดงวิไลเบสเปกตรารายของอิริโอ กรีน บี (Erio Green B) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์แสดงสีเบสเปกตรารายของสี้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86



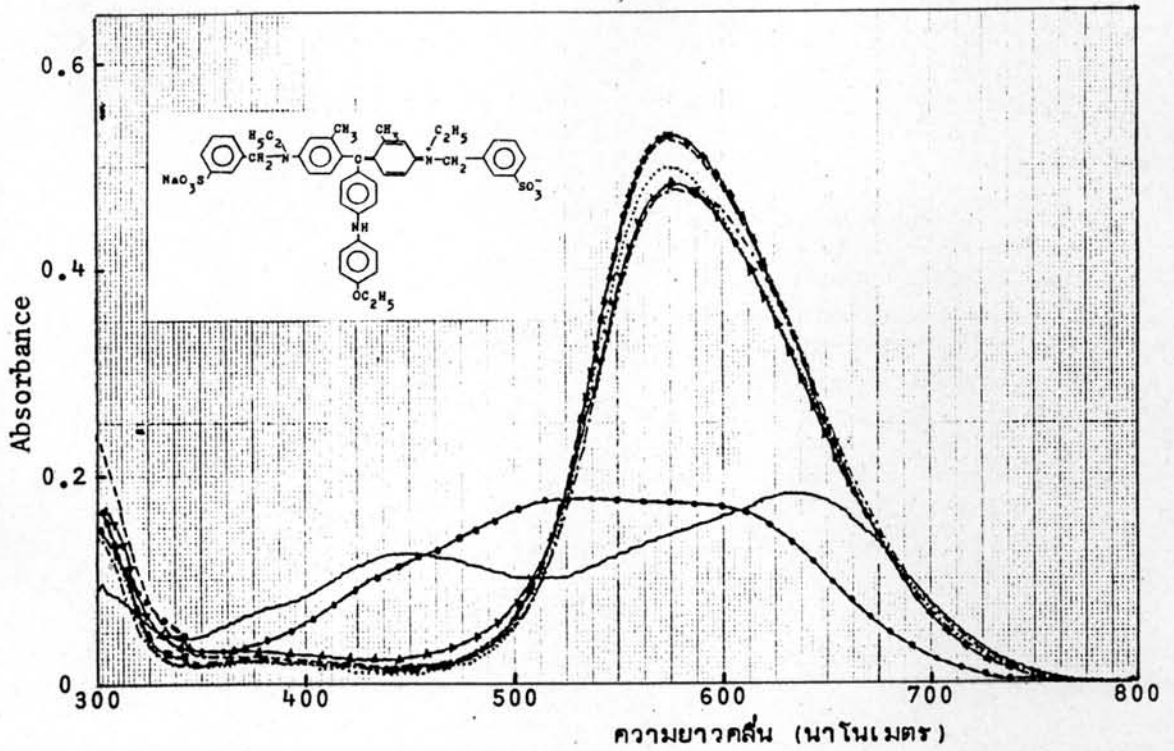
รูปที่ 36 แสดงวิสเปกตรัมของมาลาไคท์ กรีน (Malachite Green) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86

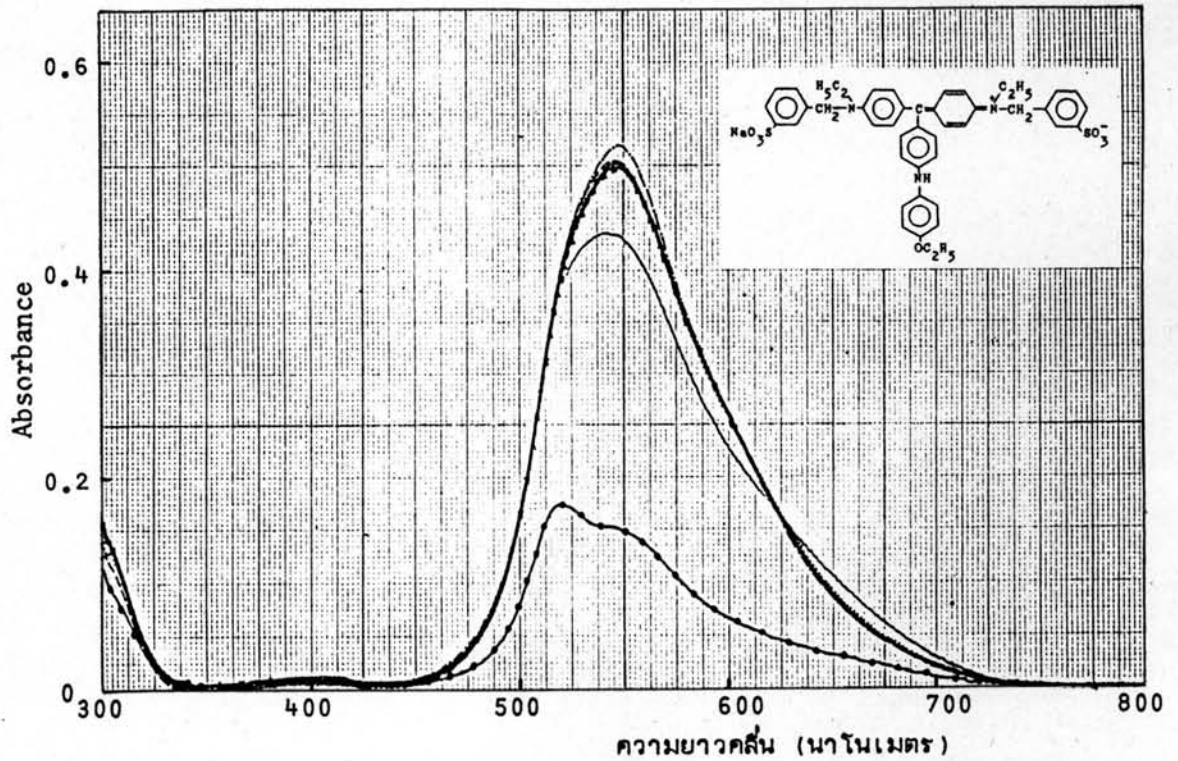


รูปที่ 37 แสดงวิธีสเปกตรัมของคายนอล ไชยานิน กรีน จี (Kayanol Cyanine Green G) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86



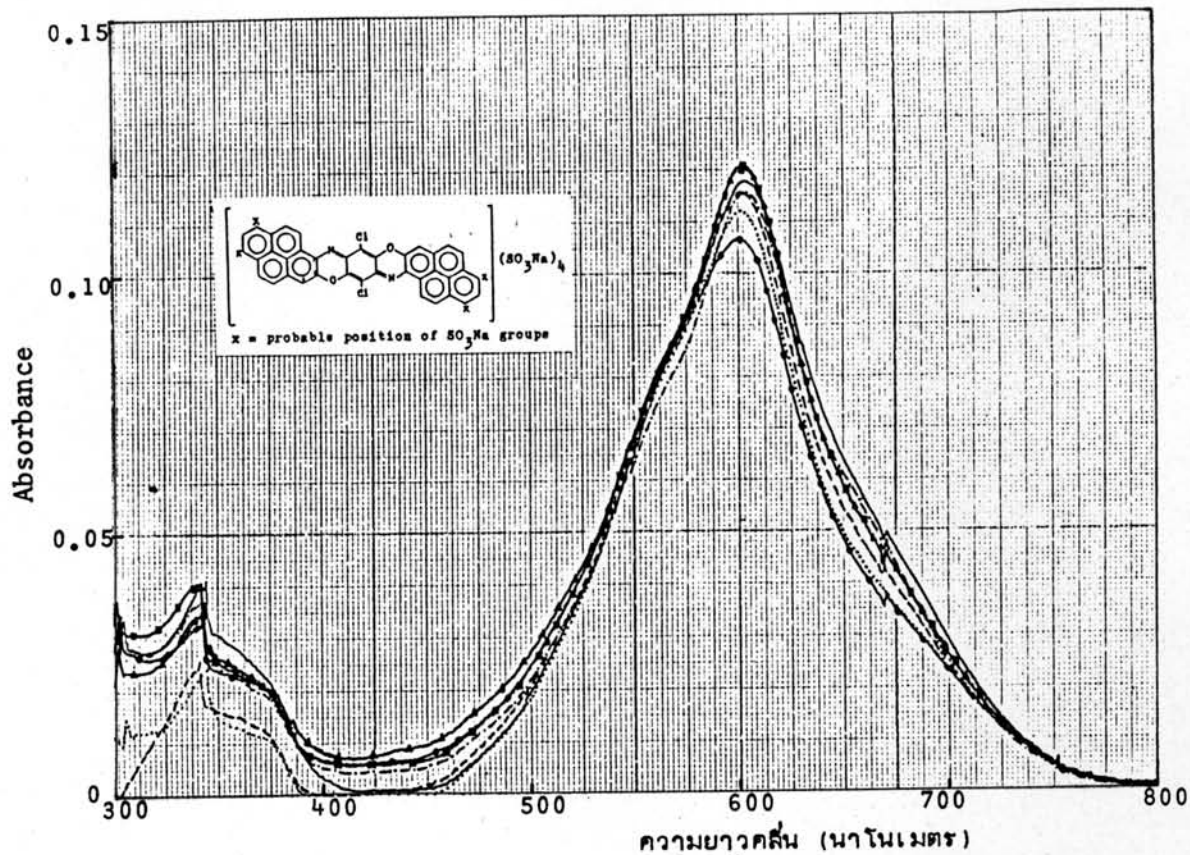
รูปที่ 38 แสดงวิถีเบิลสเปกตรัมของคายานอล ไซยานิน จี (Kayanol Cyanine G) ที่ pH ต่าง ๆ \*



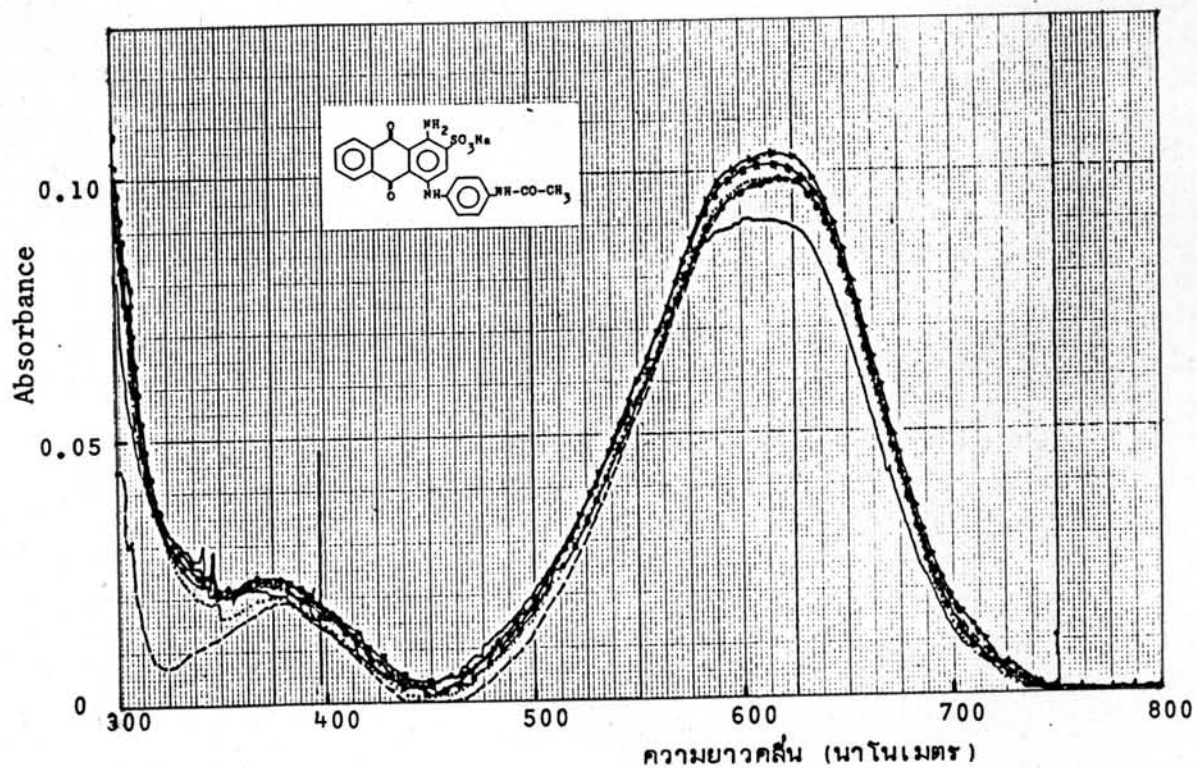
รูปที่ 39 แสดงวิถีเบิลสเปกตรัมของคายานอล ไซยานิน 6บี (Kayanol Cyanine 6B) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันอยู่ที่หน้า 86



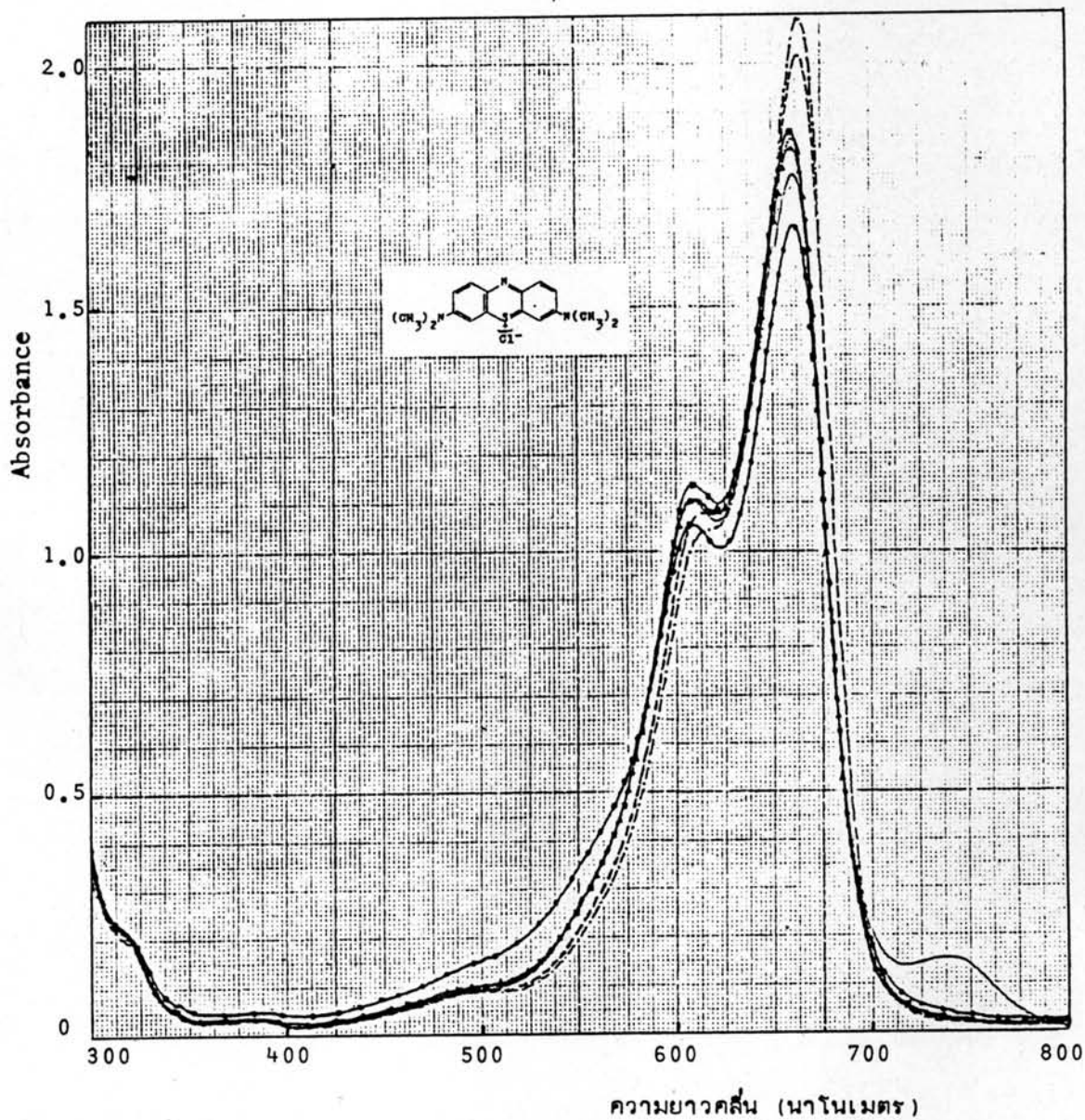


รูปที่ 40 แสดงวิไลเบิลสเปกตรารของดูราซอล บลู บี (Durazol Blue B) ที่ pH ต่าง ๆ \*



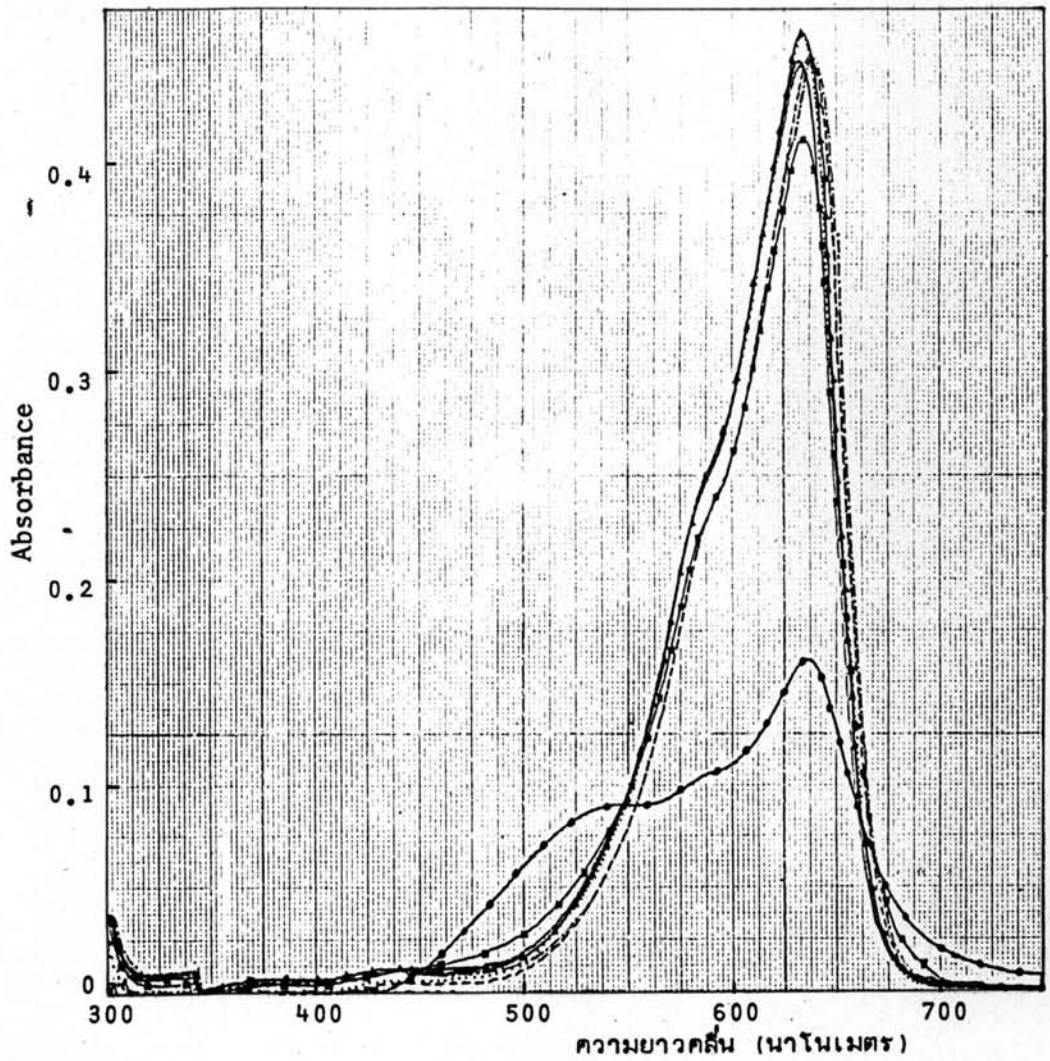
รูปที่ 41 แสดงวิไลเบิลสเปกตรารของลานาเพิล บลู จี (Lanaperl Blue G) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์อื่นแสดงสเปกตรารของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86

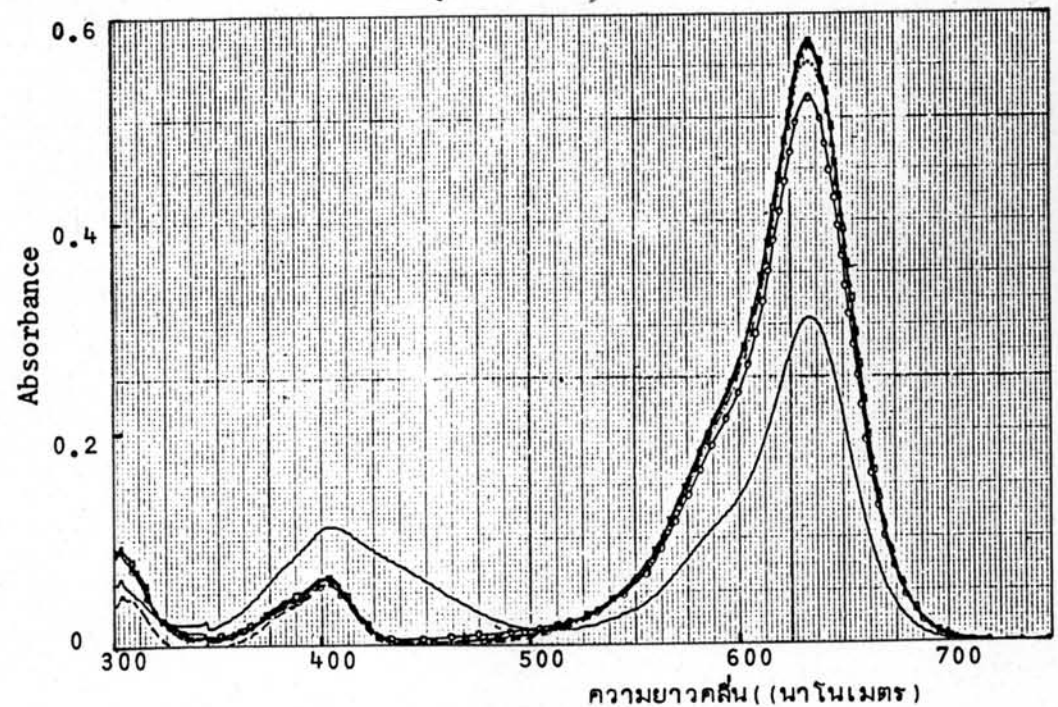


รูปที่ 42 แสดงวิธีเบสเปกตรัมของเมทิลีน บลู (Methylene Blue) ที่ pH ต่าง ๆ\*

\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86

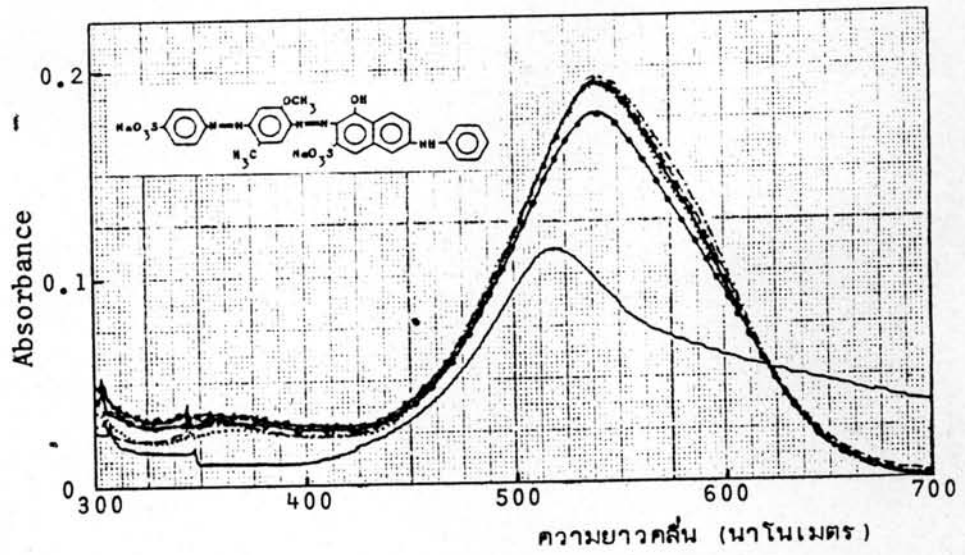


รูปที่ 43 แสดงวิไลสเปกตรัมของรีมาคริล บลู จี (Remacryl Blue G) ที่ pH ต่าง ๆ \*

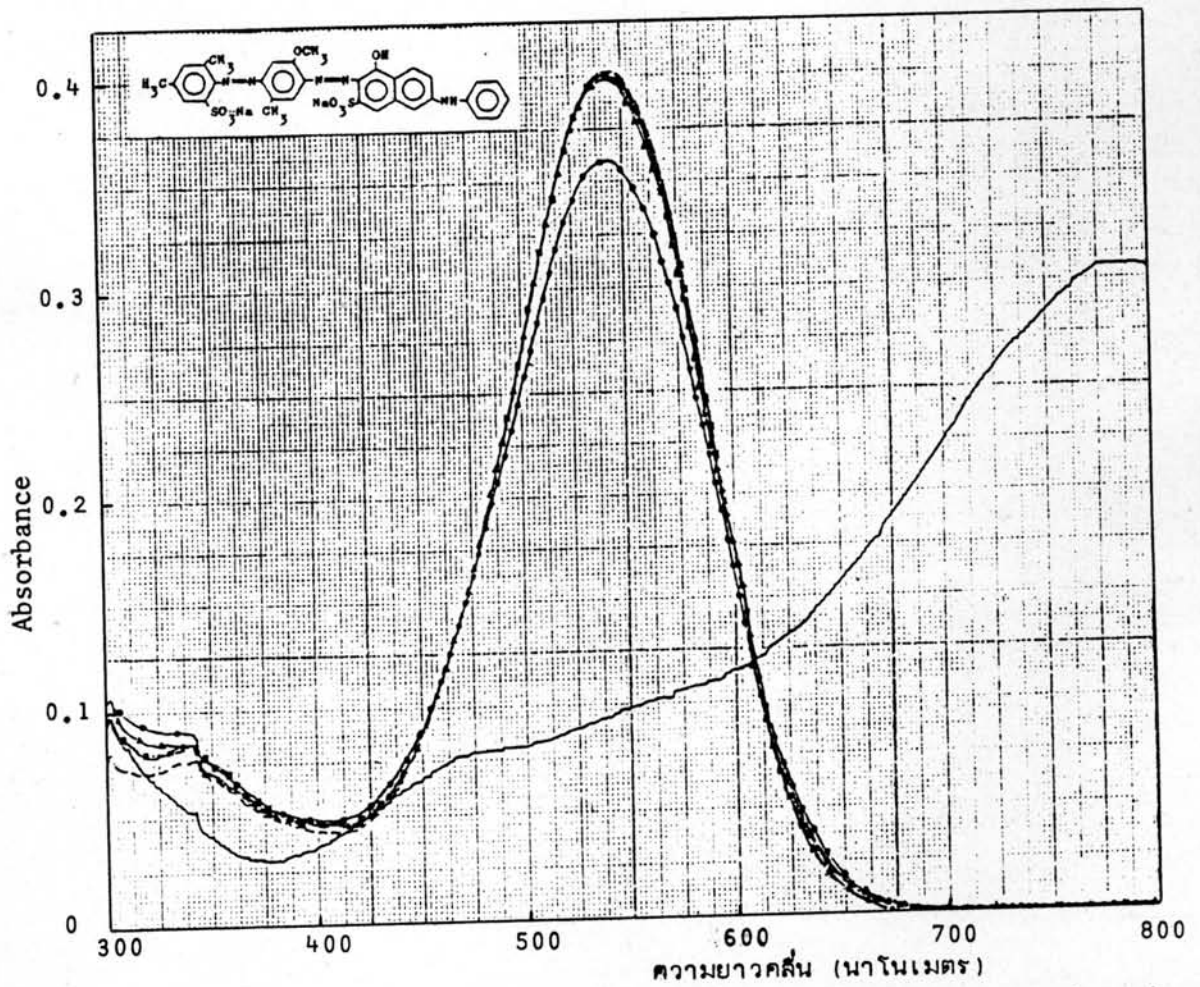


รูปที่ 44 แสดงวิไลสเปกตรัมของอะมิโด บลู เอ (Amido Blue A) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สัญลักษณ์แสดงสเปกตรัมของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันดูที่หน้า 86

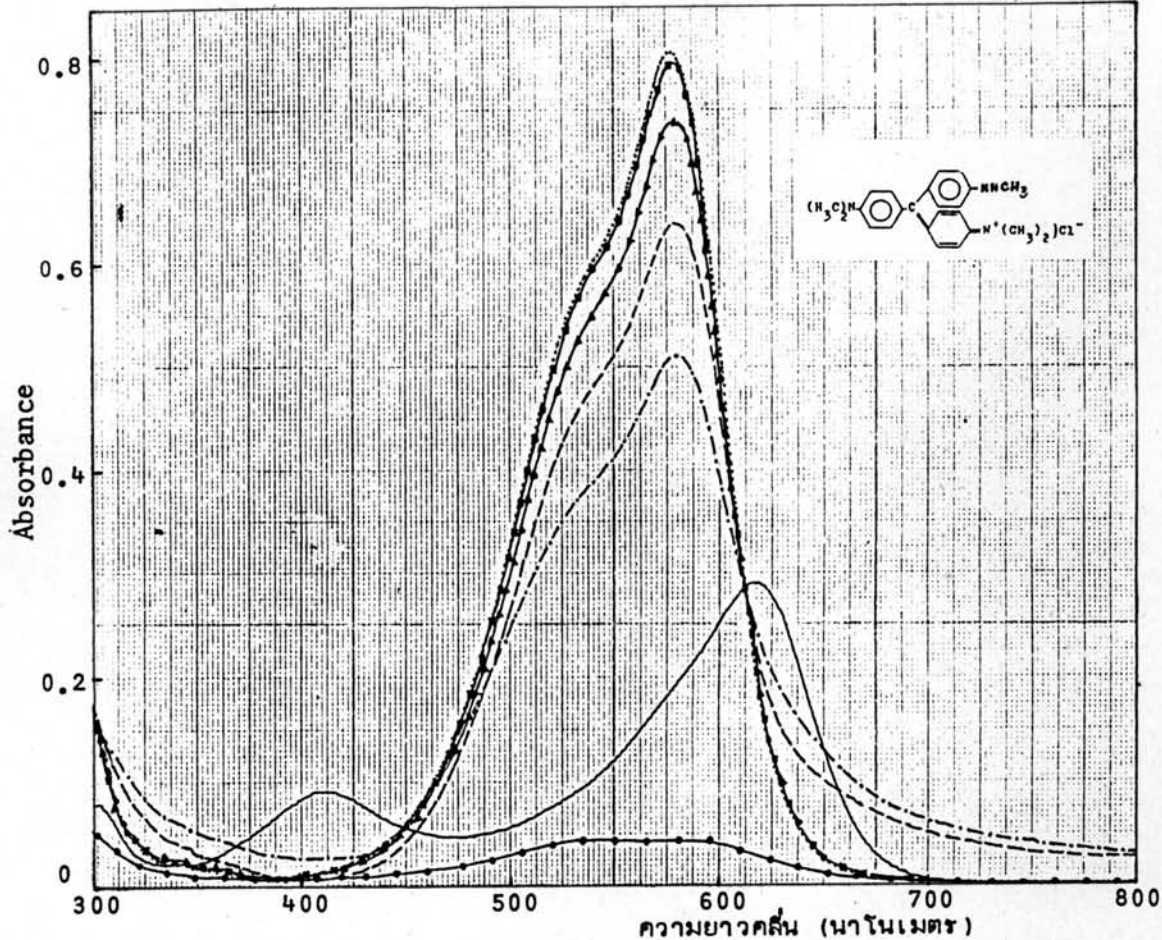


รูปที่ 45 แสดงวิไลเบิลสเปกตรของไดอะมีน บริลเลียนท์ ไวโอเลต บี (Diamine Brilliant Violet B) ที่ pH ต่าง ๆ \*

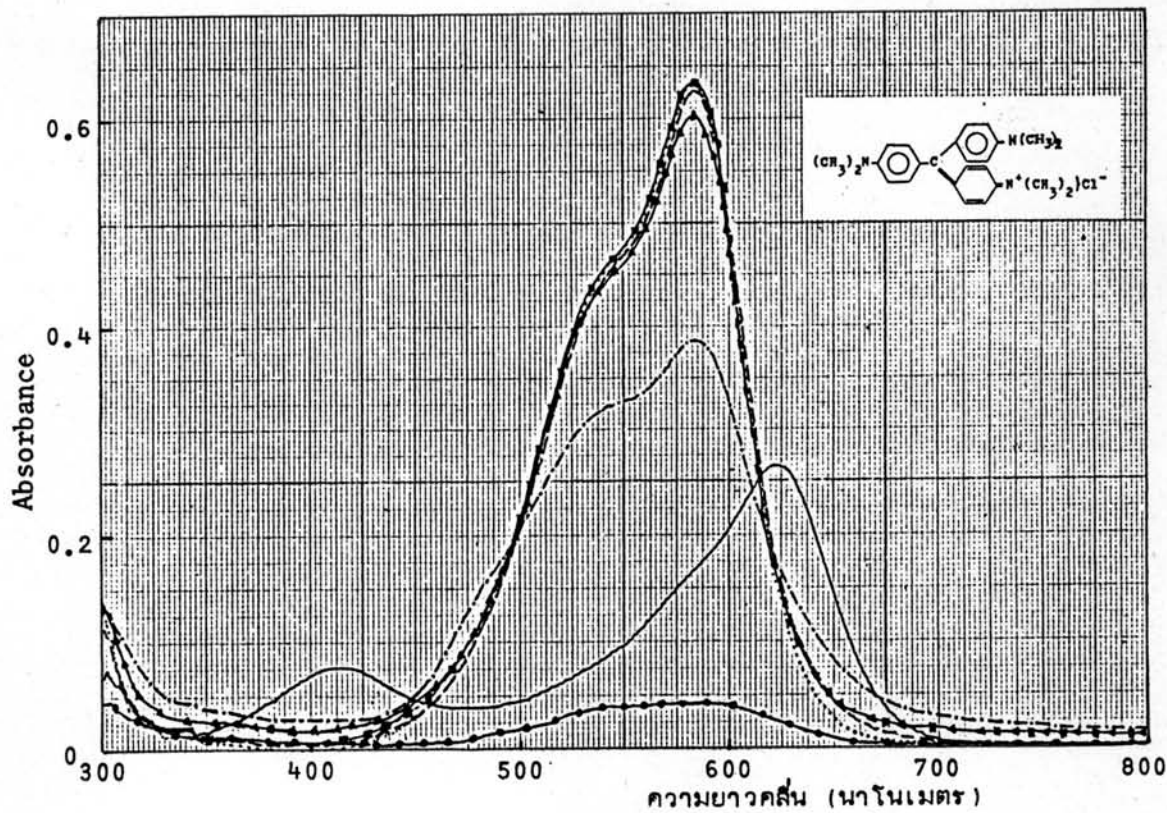


รูปที่ 46 แสดงวิไลเบิลสเปกตรของดูราซอล ไวโอเลต อาร์ (Durazol Violet R) ที่ pH ต่าง ๆ \*

\* สันยัญลักษณ์แล้วดงสเปกตรของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ ดูที่หน้า 86



รูปที่ 47 แสดงวิไลเบสเปกตรารายของเมทิล ไวโอเลต (methyl violet) ที่ pH ต่าง ๆ\*



รูปที่ 48. แสดงวิไลเบสเปกตรารายของคริสตัล ไวโอเลต (Crystal violet) ที่ pH ต่าง ๆ\*

\* สัญญลักษณ์แสดงสเปกตรารายของสีย้อมซึ่งทดลองที่ pH ต่าง ๆ กันอยู่ที่หน้า 86

ตารางที่ 6 แสดง pH ที่เหมาะสมของสารละลายย้อมชนิดต่าง ๆ เมื่อใช้เทคนิค  
ทางวิธีเปปต์เพกโตรโฟโตเมตรี

ชื่อสีย้อม	pH ที่เหมาะสม (โดยประมาณ)
<u>สีแดง</u>	
บอร์โด เรด	3
อะมะแรนท์	1
ลานาเฟิล เรด บี	1
อิริโอโครม เรด ซี	9
คองโก เรด	9
ซีเรียล เรด 4 บี	9
ดูราซอล เรด 2 บี	3
เบนโซล สคาร์เลต ซีเอส	9
อะมิโต โรดามีน บี	9
ลานาเฟิล ฟาสท์ ฟิงค์ อาร์	9
โรดามีน บี	11
อะมิโต โรดามีน ซี	7
ไอโซแลน บอร์โด เค-อาร์แอลเอส	13
<u>สีส้ม</u>	
เมทิล ออเรนจ์	1
ลานาเฟิล สคาร์เลต ซี	5
ออเรนจ์ II	9
ออเรนจ์ ซีที	9
ออเรนจ์ อาร์เอ็น	1
คาบายู ไตรเรค ฟาสท์ ออเรนจ์ เอส	9
ลานาเฟิล บริลเลียนท์ ออเรนจ์ ซี	11
<u>สีเหลือง</u>	
แนพทอล เบลโลว์	9
อิริโอโครม ฟลาวิน เอ	13
ลานาเฟิล ฟาสท์ เบลโลว์ ซีอาร์	3
คริสโซฟิณิน ซี	11

ตารางที่ 6 (ต่อ)

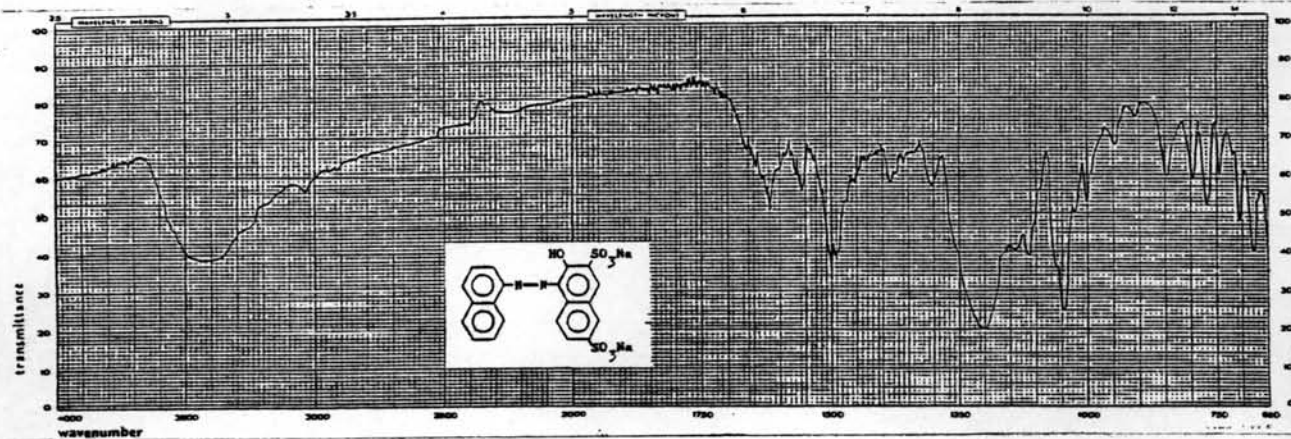
ชื่อสีย้อม	pH ที่เหมาะสม (โดยประมาณ)
ออรามิน	5
ควิโนลิน เบลโลว์	1
ริมาคริล เบลโลว์ 4 สแอด	1
<u>สีเขียว</u>	
แนพทอล กรีน บี	3
มาลาโคท์ กรีน	5
อิริโอ กรีน บี	9
คายานอล ไชยานิน กรีน ซี	9
<u>สีน้ำเงิน</u>	
คายานอล ไชยานิน ซี	9
คายานอล ไชยานิน 6 บี	3
ดูราซอล บลู บี	9
เมทิลีน บลู	3
ลานาเฟิล บลู ซี	11
ริมาคริล บลู ซี	11
อะมิโต บลู เอ	9
<u>สีม่วง</u>	
ไตอะมิน บริลเลียนท์ ไวโอเลต บี	3
ดูราซอล ไวโอเลต อาร์	5
เมทิล ไวโอเลต	7
คริสตัล ไวโอเลต	9

จากวิลิเปิลสเปกตร้าของสีย้อมต่าง ๆ พบว่าส่วนใหญ่สีย้อมแต่ละชนิดมักจะอยู่ในสารละลายที่มี pH ต่างกันก็สามารถดูดกลืนแสงได้มากที่สุด (maximum absorption) ที่ความยาวคลื่นเท่ากันโดยไม่เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ pH ของสารละลายสูงมาก ๆ (pH ประมาณ 13) หรือต่ำมาก ๆ (pH ประมาณ 1) ความยาวคลื่นที่แสงถูกดูดกลืนมากที่สุดอาจเปลี่ยนแปลง สืบจากชนิดเช่นอิริโอโครม เรด ซี (รูปที่ 10), คองโก เรด (รูปที่ 11), เมทิล ออเรนจ์ (รูปที่ 20), ออเรนจ์ ซีซี (รูปที่ 23) และฟาสท์ เบลโลว์ สีอาร์ (รูปที่ 29) มีความยาวคลื่นที่แสงถูกดูดกลืนได้มากที่สุดเปลี่ยนแปลงไปตาม pH ของสารละลาย นอกจากนี้ในสารละลายสีย้อมแต่ละชนิดที่มี pH ต่างกันแต่ความเข้มข้นเท่ากันจะให้ค่า absorbance มากน้อยแตกต่างกัน สำหรับการวิเคราะห์เทคนิคทางวิลิเปิลสเปกโตรโฟโตเมตรีในการวิเคราะห์สีย้อมในสารตัวอย่างต่าง ๆ จะเลือกใช้ pH ที่ให้ค่า absorbance สูงที่สุดเพราะจะทำให้ sensitivity ของการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด pH ของสารละลายสีย้อมที่เหมาะสมที่จะใช้ในการวิเคราะห์นี้แสดงในตารางที่ 6 นอกจากนี้ให้ค่า absorbance ของสีย้อมสูงที่สุดนี้แล้ว อาจเลือกใช้ pH ของสารละลายสีย้อมที่ให้ค่าความยาวคลื่นที่แสงถูกดูดกลืนมากที่สุดแตกต่างออกไป เพื่อยืนยันผลการเปรียบเทียบสเปกตร้าของสีย้อมที่สงสัยกับสีย้อมมาตรฐานได้อีกด้วย

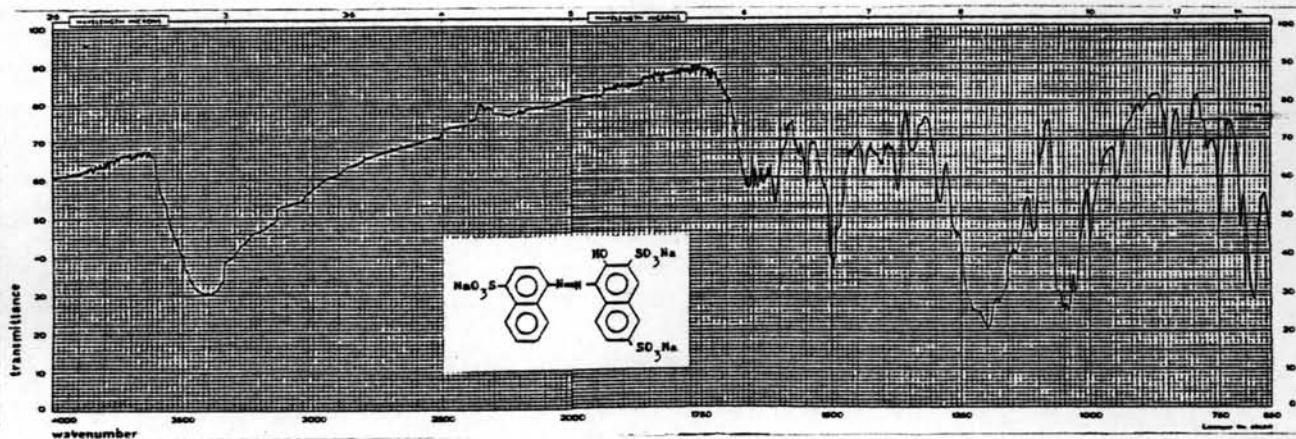
#### 4.3 ผลการศึกษาคุณสมบัติของสีย้อมด้วยเทคนิคทางอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตเมตรี

ในการศึกษาคุณสมบัติของสีย้อมด้วยเทคนิคทางอินฟราเรดสเปกโตรโฟโตเมตรี ได้บันทึกสเปกตร้าของสีย้อมต่าง ๆ ในช่วง 4,000-650 เซนติเมตร<sup>-1</sup> ดังแสดงในรูปที่ 49-90 จากอินฟราเรดสเปกตร้าของสีย้อมต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าอินฟราเรดสเปกตรัมเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวทางกายภาพของสีย้อม คือสีย้อมแต่ละชนิดจะให้อินฟราเรดสเปกตรัมที่แตกต่างกันโดยเฉพาะในช่วง fingerprint (1300-650 cm<sup>-1</sup>) ดังนั้น ในการที่จะยืนยันว่าเป็นสีย้อมอะไรนั้นถ้าได้เปรียบเทียบลักษณะรูปร่างของสเปกตรัมของสารตัวอย่างกับสิมาตรฐานแล้ว ก็จะช่วยได้มากเพราะถ้าเป็นสารตัวเดียวกันสเปกตรัมจะต้องเหมือนกัน เหมือนกับรอยพิมพ์นิ้วมือที่เดียว

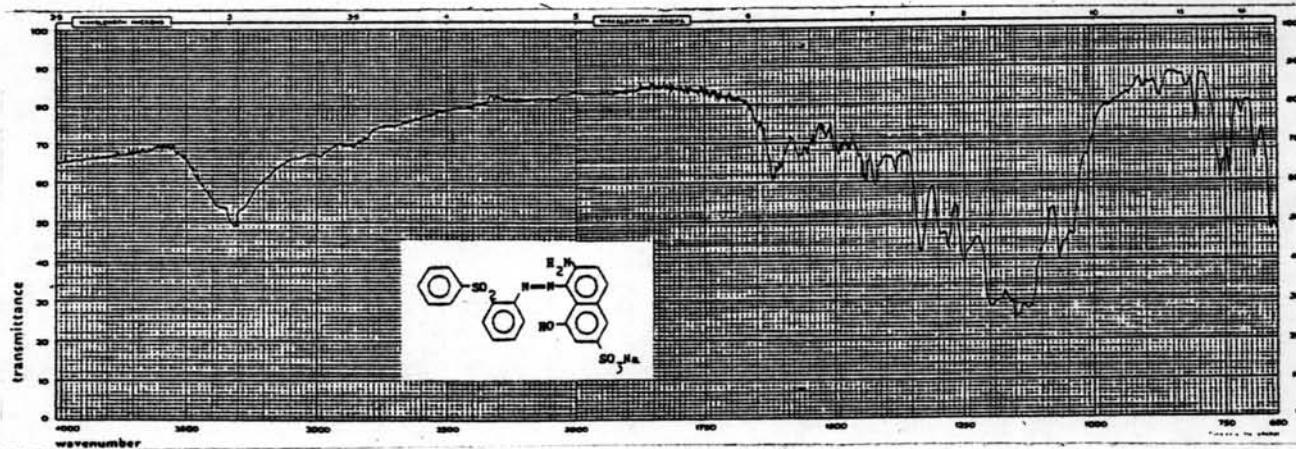




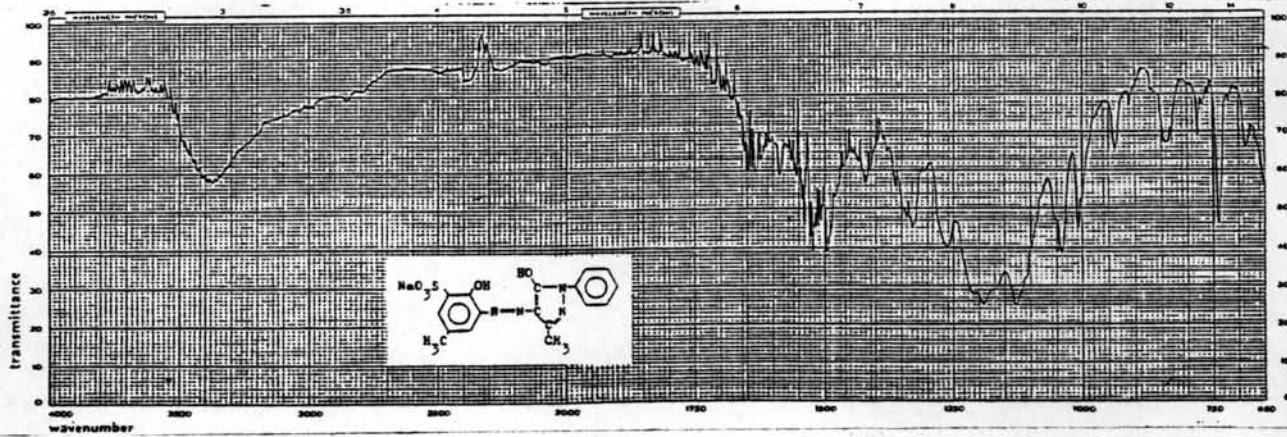
รูปที่ 49 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของบอร์โด เรด (Bordeaux Red)



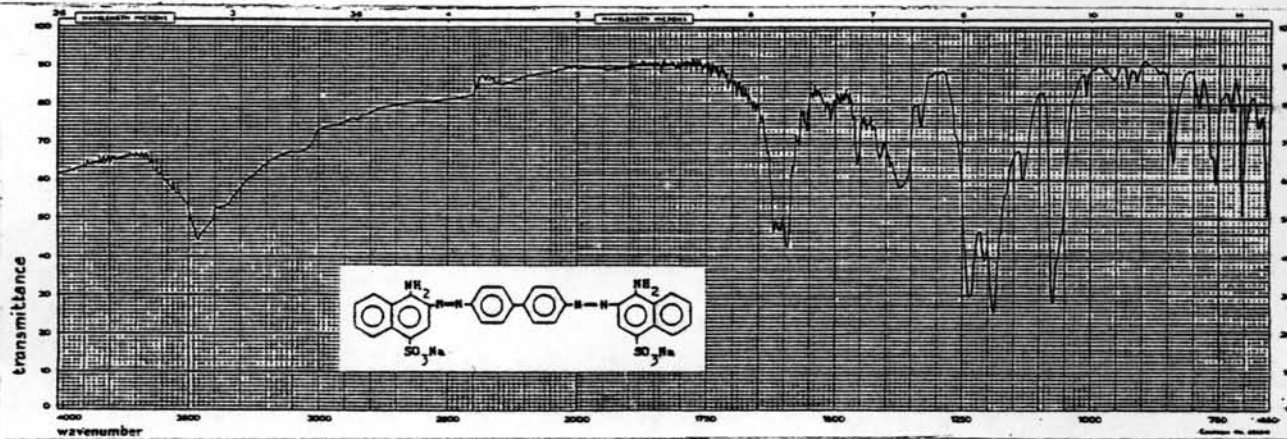
รูปที่ 50 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของอะมะแรนท (Amaranth)



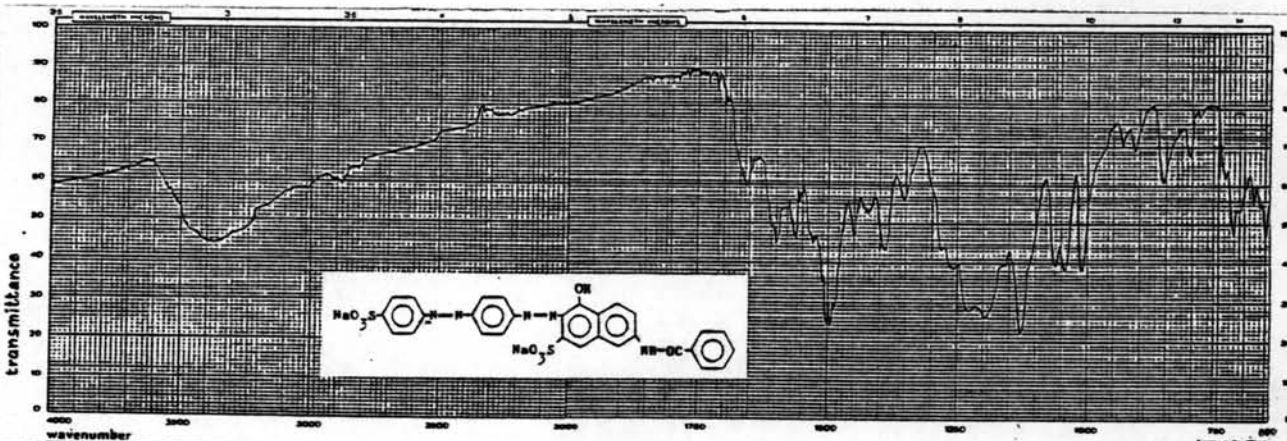
รูปที่ 51 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของลานาเพิล เรด บี (Lanaperl Red B)



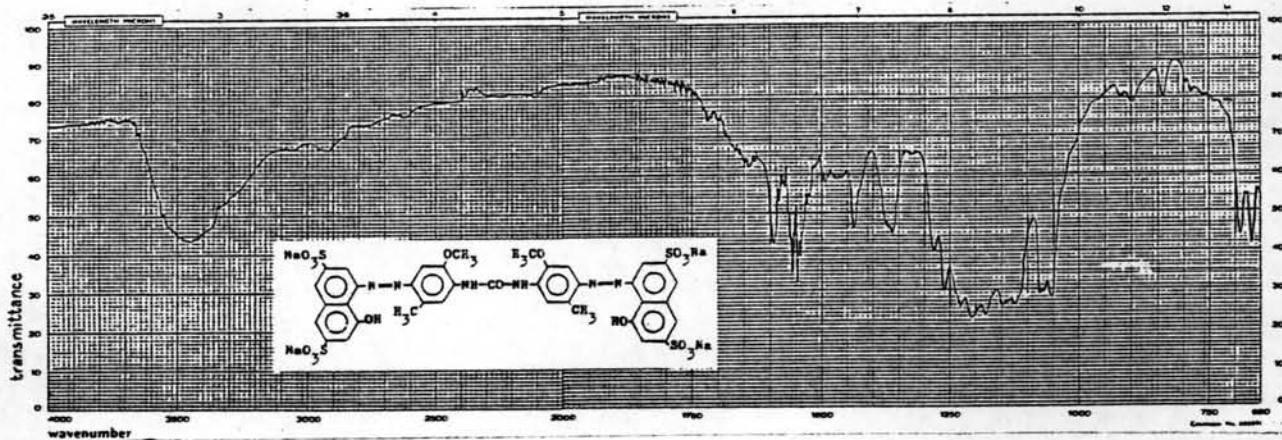
รูปที่ 52 แสดงอินฟราเรดค่าเปกตรัมของอีริโอโครม เรด ซี (Eriochrome Red G)



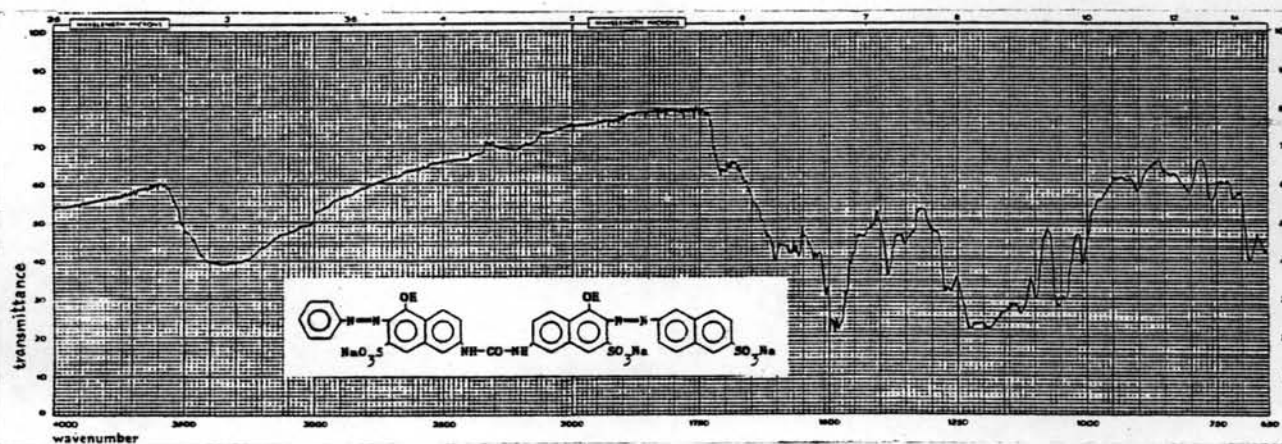
รูปที่ 53 แสดงอินฟราเรดค่าเปกตรัมของคองโก เรด (Congo Red)



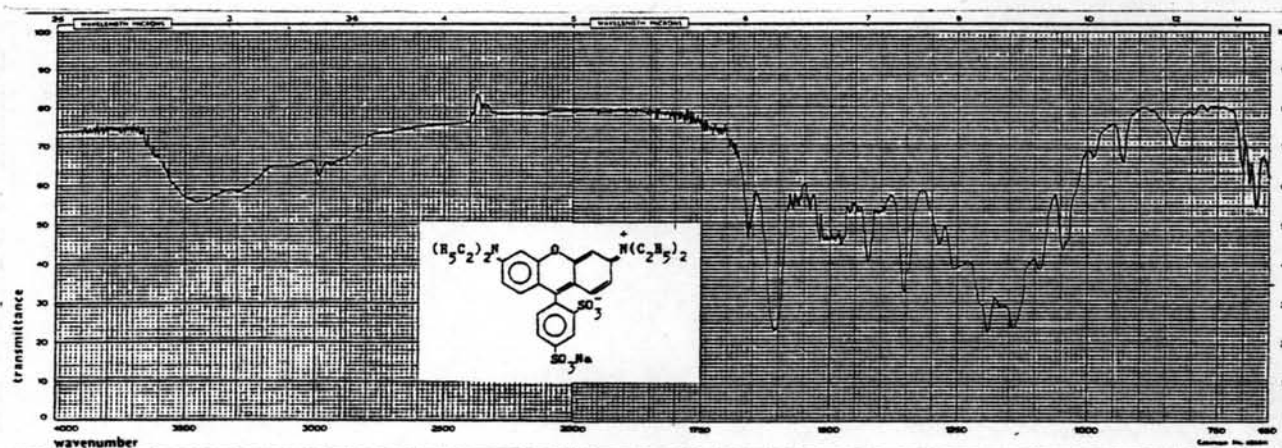
รูปที่ 54 แสดงอินฟราเรดค่าเปกตรัมของซีริบลิ เรด 4 บี (Sirius Red 4B)



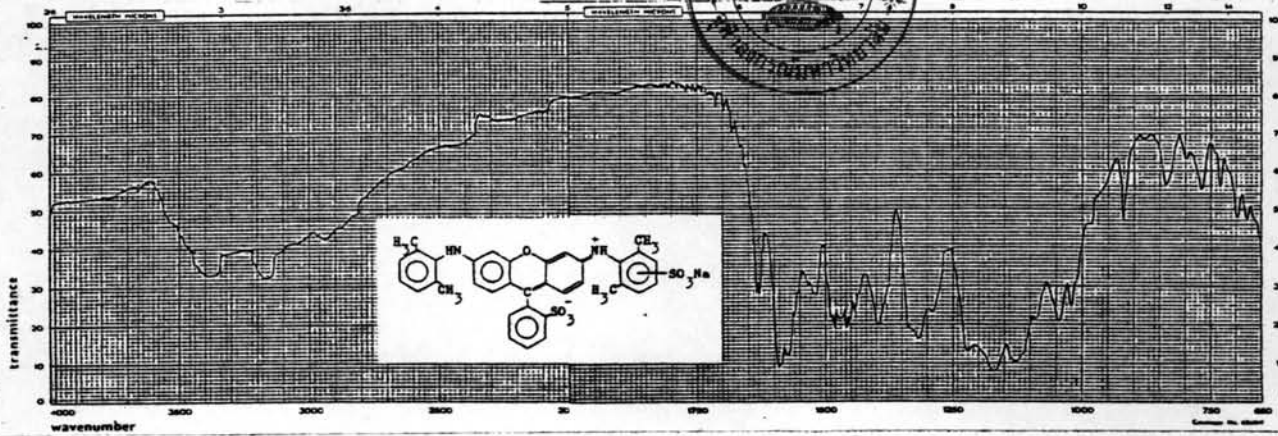
รูปที่ 55 แสดงอินฟราเรดลึ่เปกตรัมของดูราซอล เรด 2 บี (Durazol Red 2B)



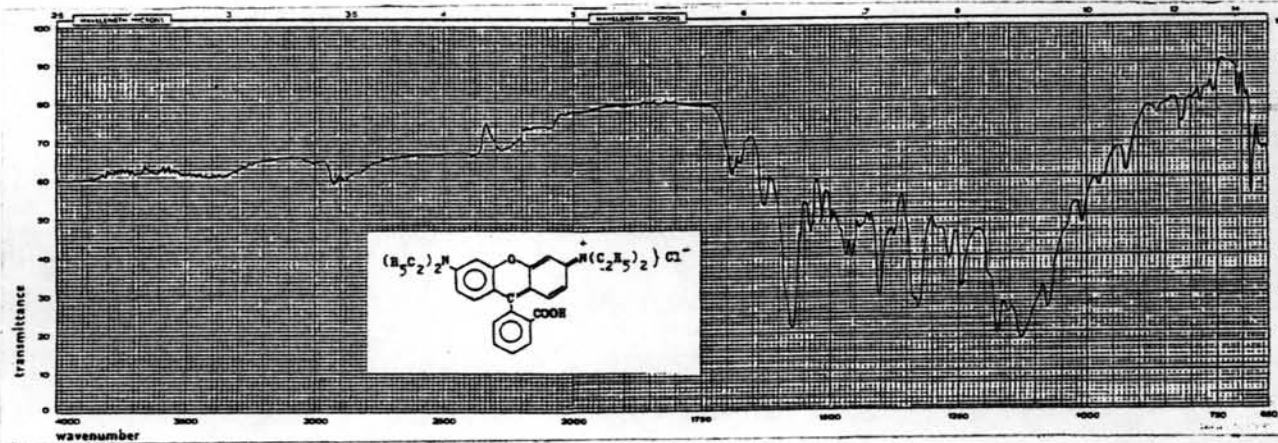
รูปที่ 56 แสดงอินฟราเรดลึ่เปกตรัมของเบนโซ สการ์เลต ซีเอส (Benzo Scarlet GS)



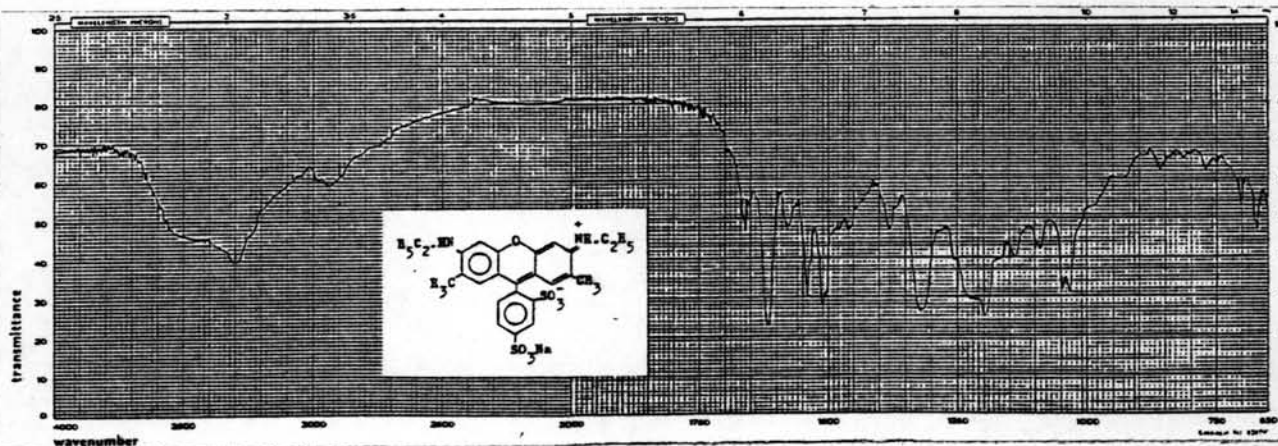
รูปที่ 57 แสดงอินฟราเรดลึ่เปกตรัมของอะมิโด โรดามีน บี (Amido Rhodamine B)



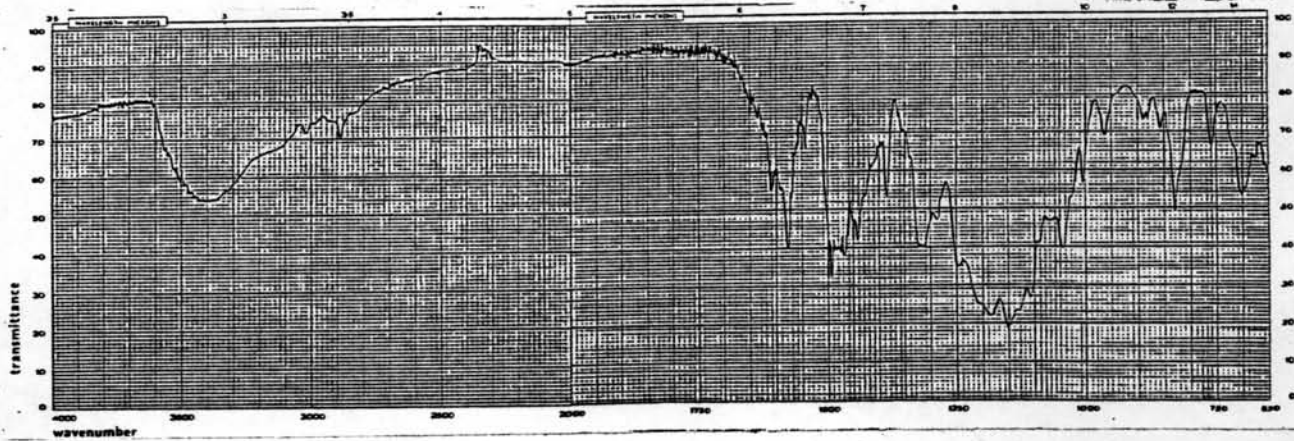
รูปที่ 58 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของลานาเพิล ฟาสต์ พิงค์ อาร์ (Lanaperl Fast Pink R)



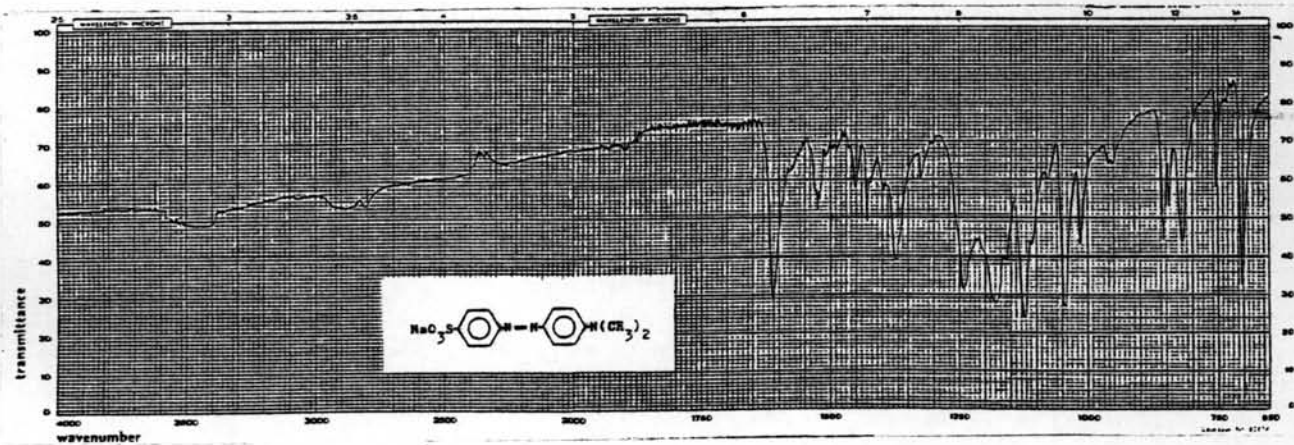
รูปที่ 59 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของโรดามีน บี (Rhodamine B)



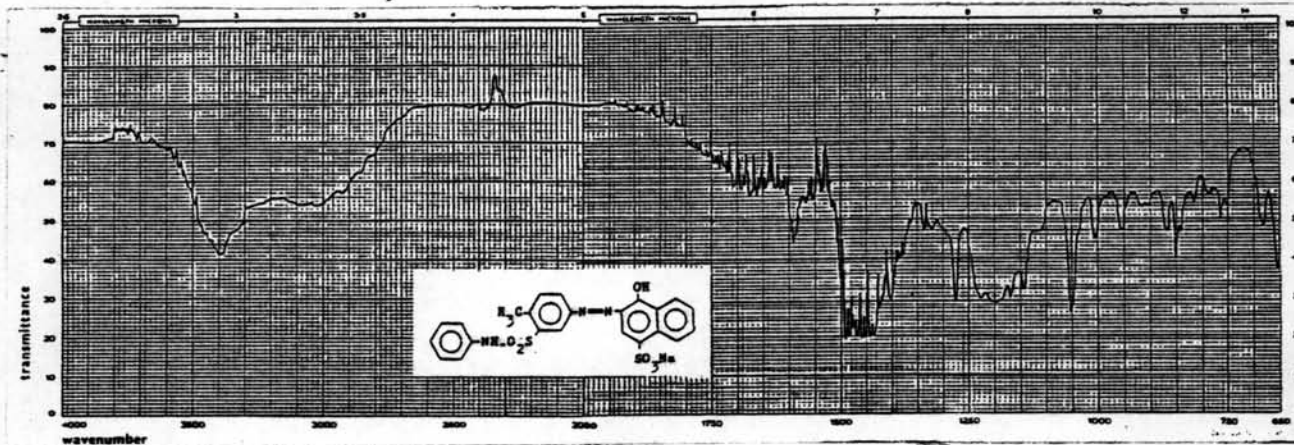
รูปที่ 60 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของอะมิโด โรดามีน จี (Amido Rhodamine G)



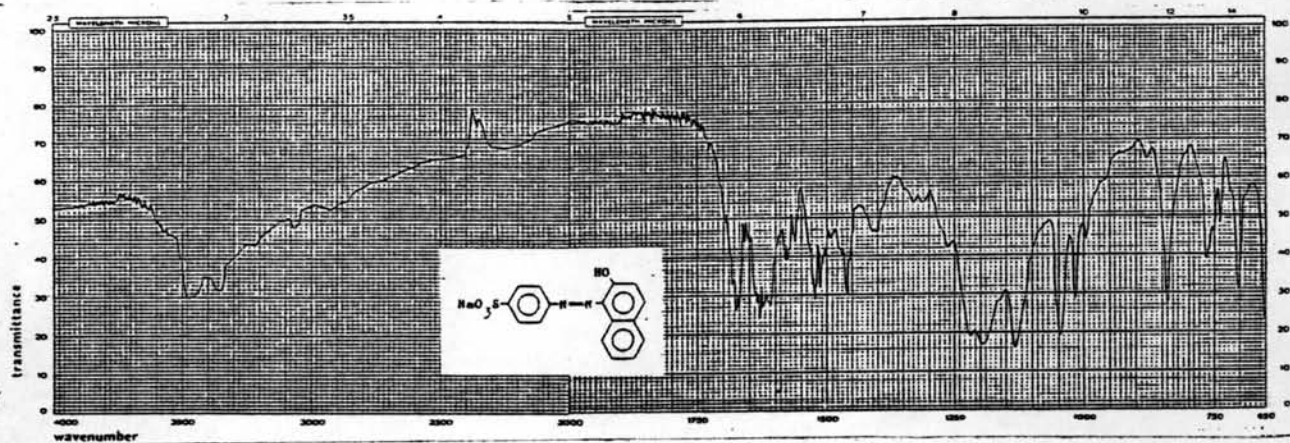
รูปที่ 61 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของไอโซแลน บอร์โด เค-อาร์แอลเอส (Isolan Bordeaux K-RLS)



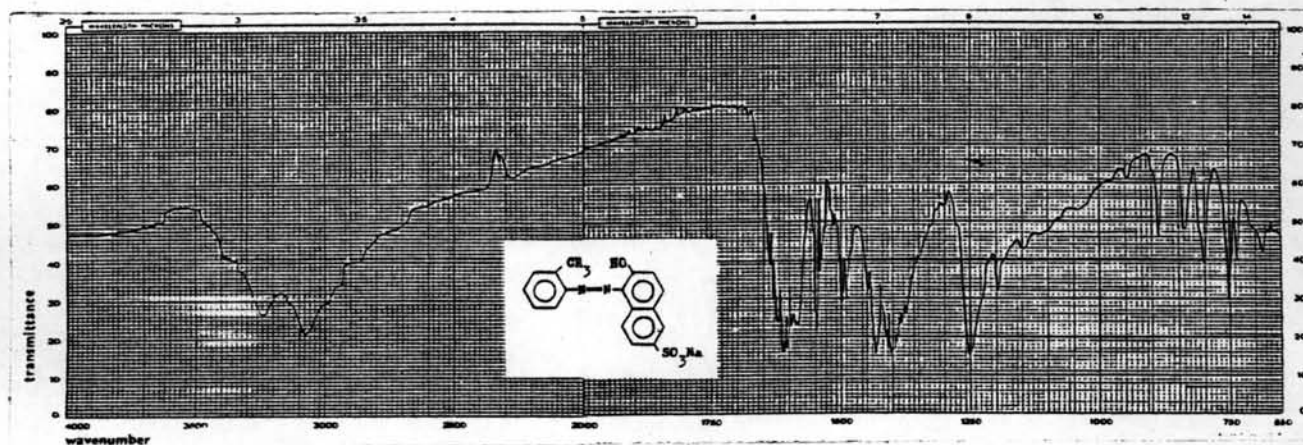
รูปที่ 62 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของเมทิล ออเรนจ์ (Methyl Orange)



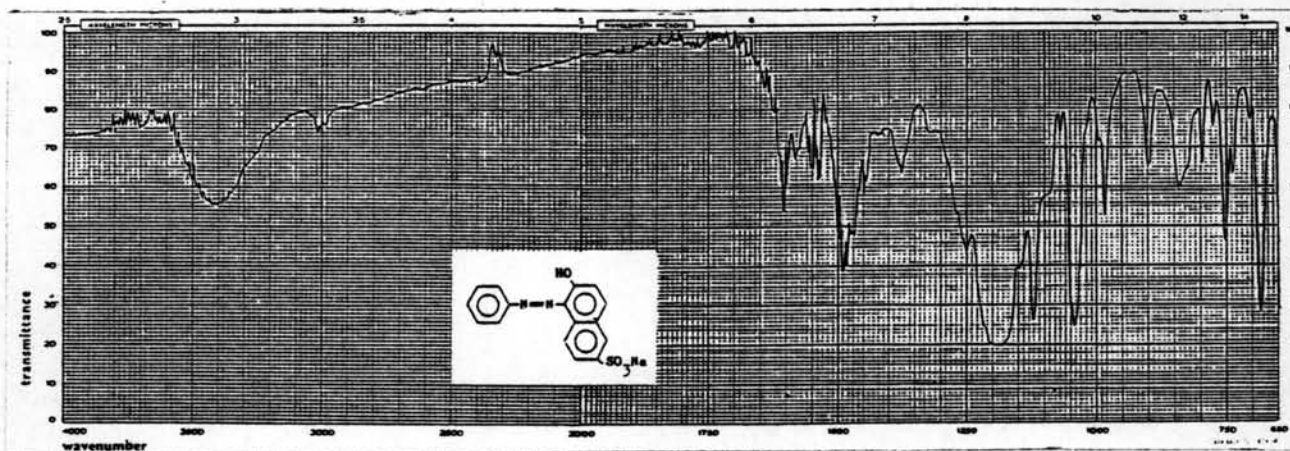
รูปที่ 63 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของลานาเพิล สการ์เลต ซี (Lanaperl Scarlet G)



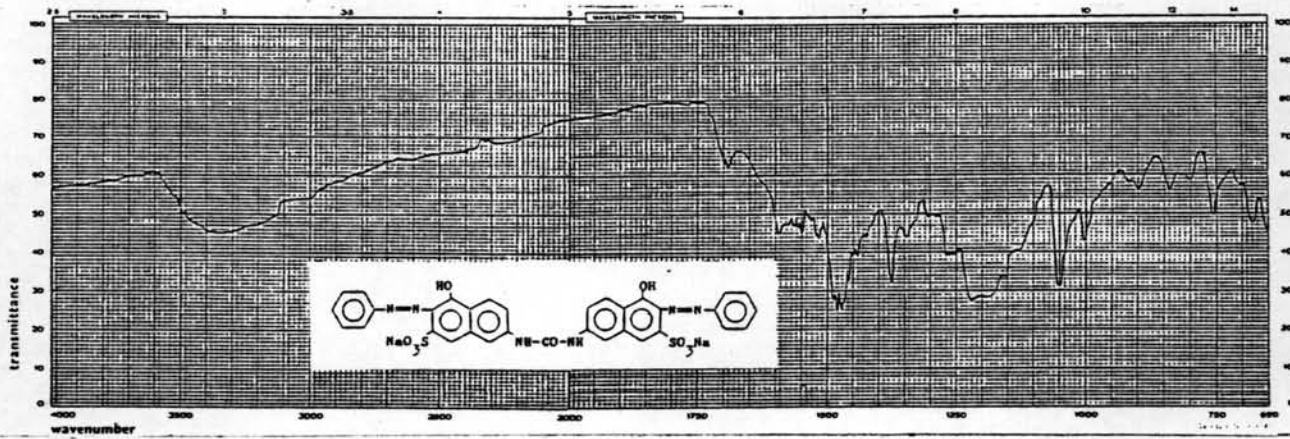
รูปที่ 64 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของออเรนจ์ II (Orange II)



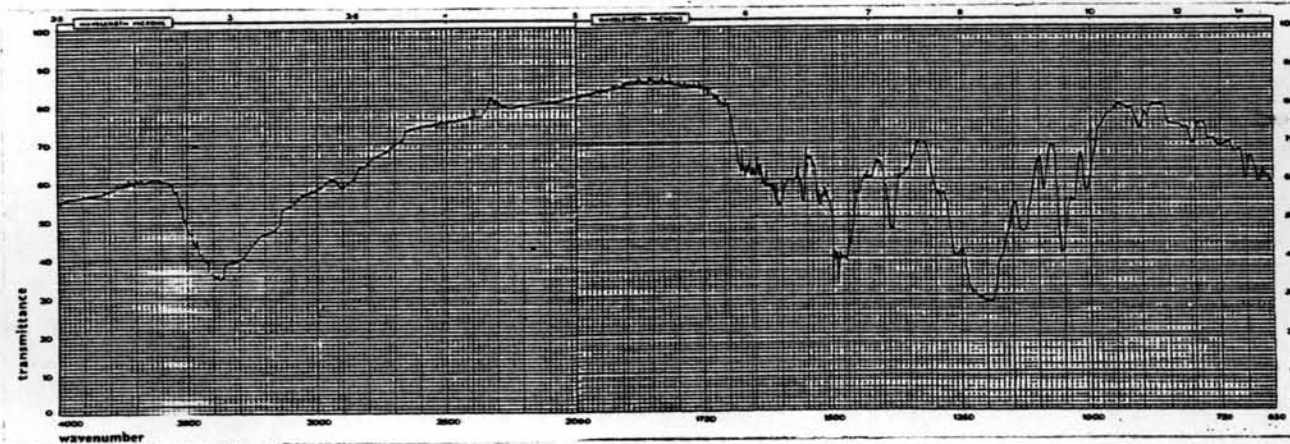
รูปที่ 65 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของออเรนจ์ สีที (Orange GT)



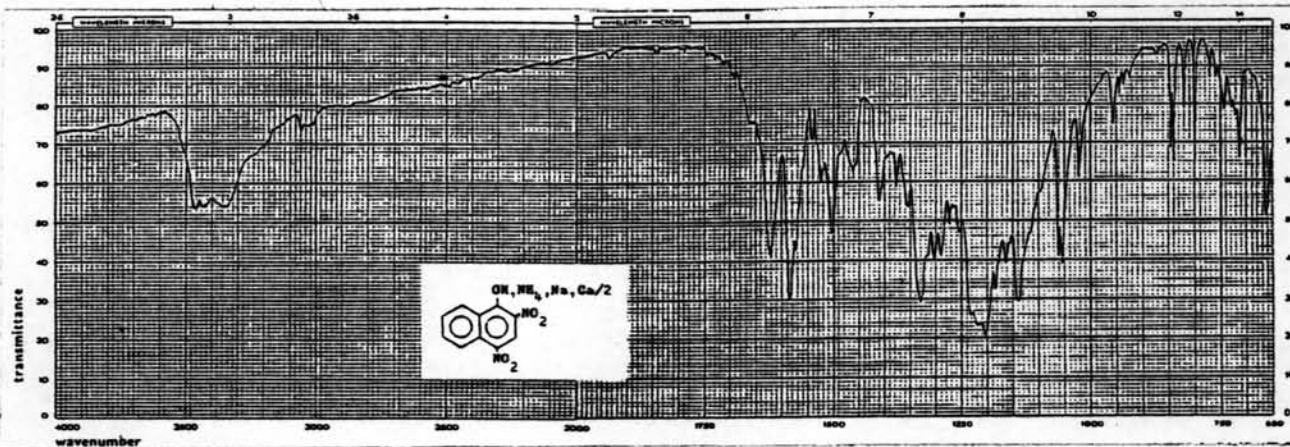
รูปที่ 66 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของออเรนจ์ อาร์เอ็น (Orange RN)



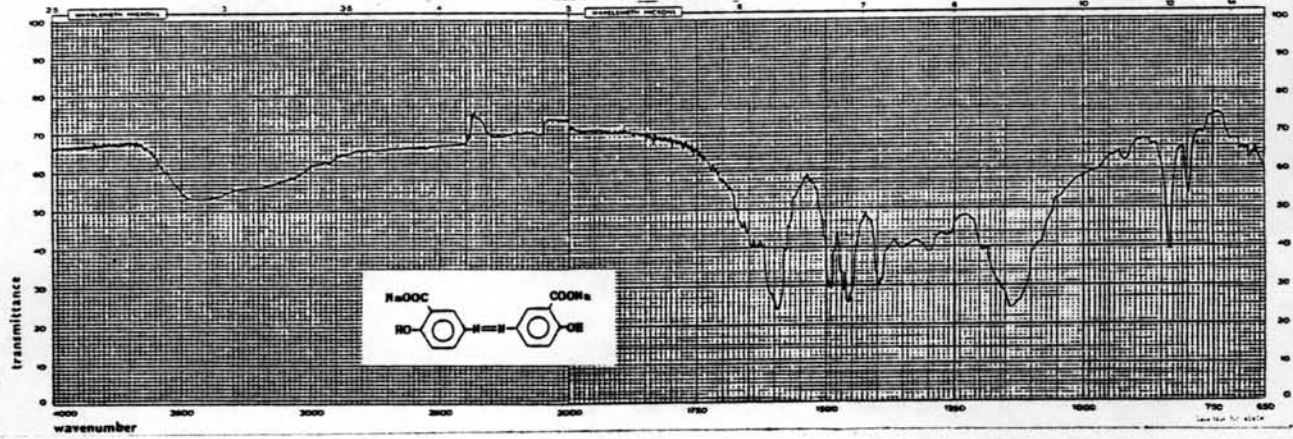
รูปที่ 67 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของคายากู ไดเรคท์ ฟาสท์ ออเรนจ์ เอส (Kayaku Direct Fast Orange S)



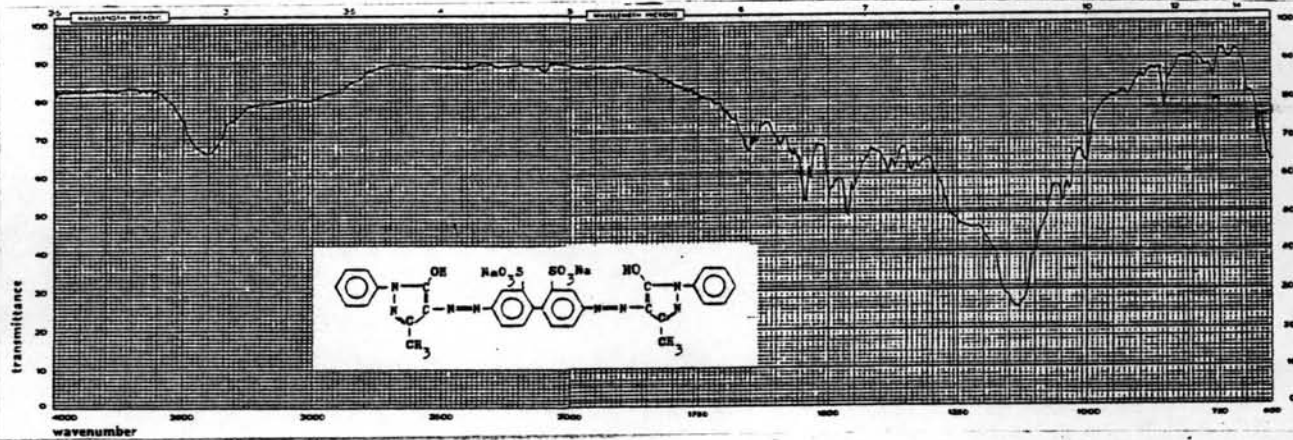
รูปที่ 68 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของลานาเพิล บริลเลียนท์ ออเรนจ์ จี (Lanaperl Brilliant Orange G)



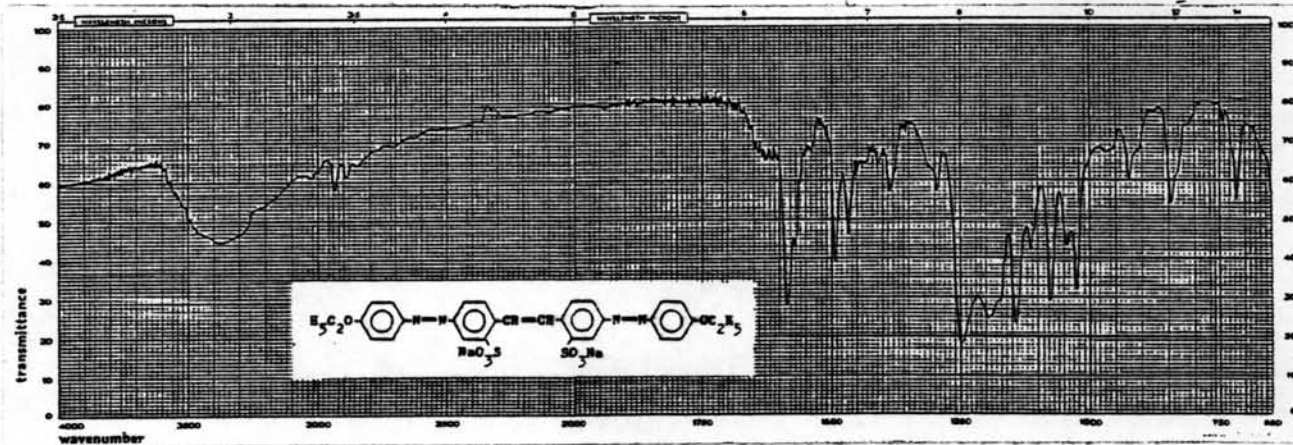
รูปที่ 69 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของแนพทอล เบลโลว์ (Naphthol Yellow)



รูปที่ 70 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของอีริโอโครม ฟลาวิน เอ (Eriochrome Flavine A)

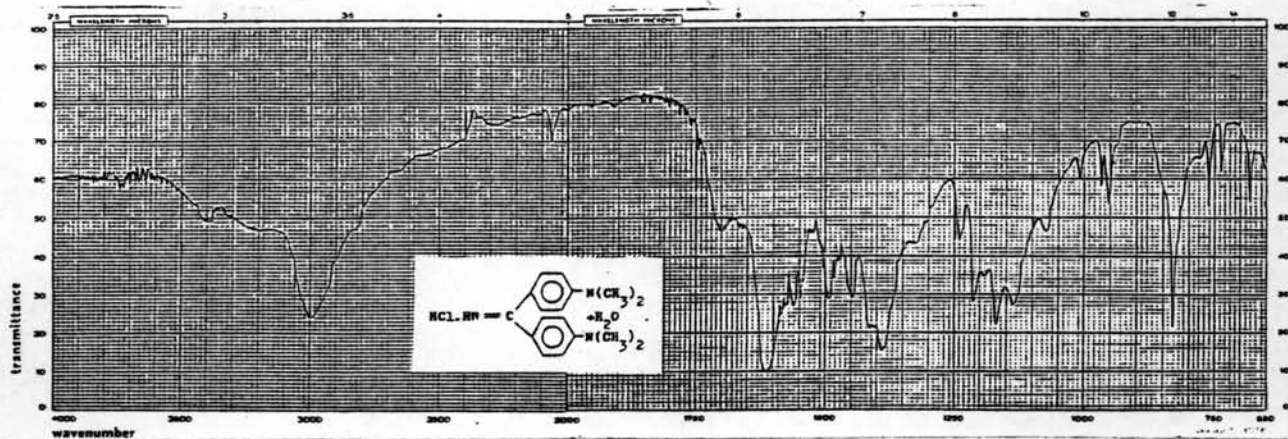


รูปที่ 71 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของลานาเพิล ฟาสท์ เบลโลว์ สีอาร์ (Lanaperl Fast Yellow GR)

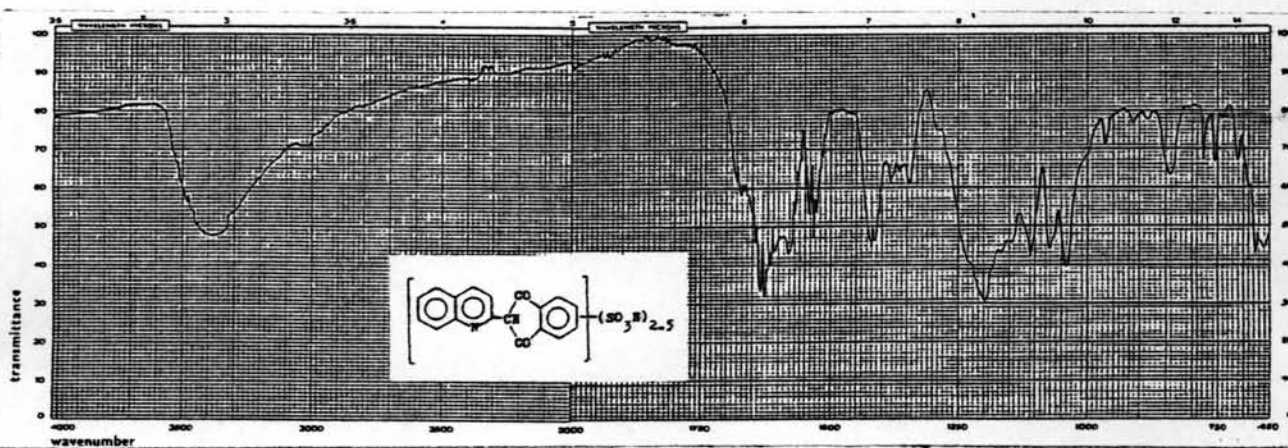


รูปที่ 72 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของคริสโซฟิโนน ซี (Chrysophinine G)

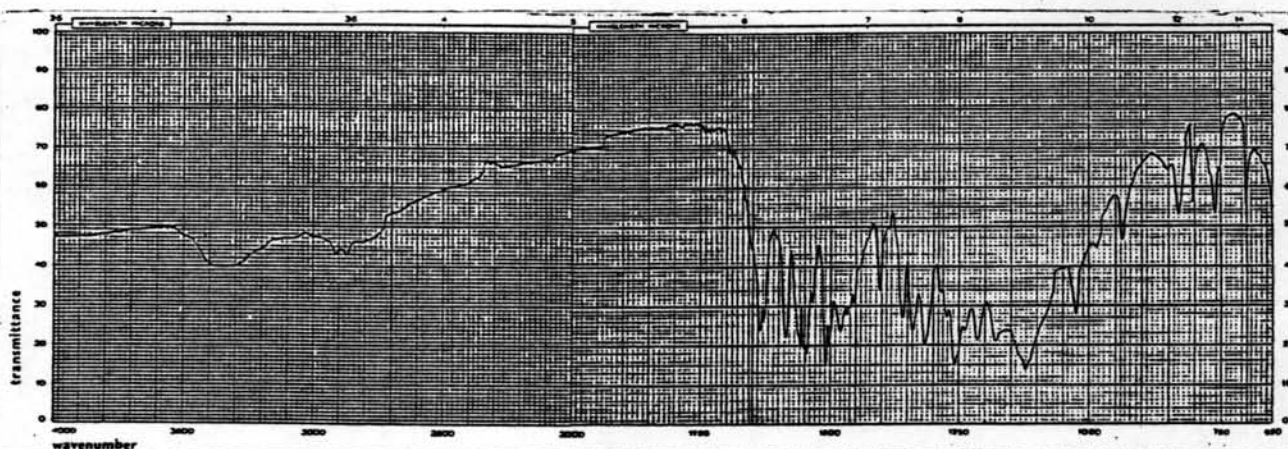




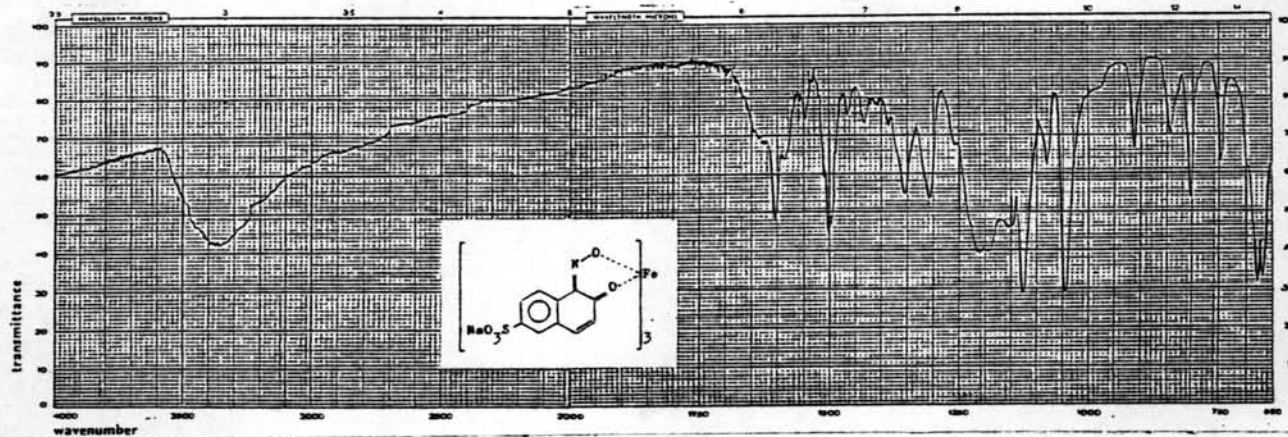
รูปที่ 73 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของออรามิน (Auramine)



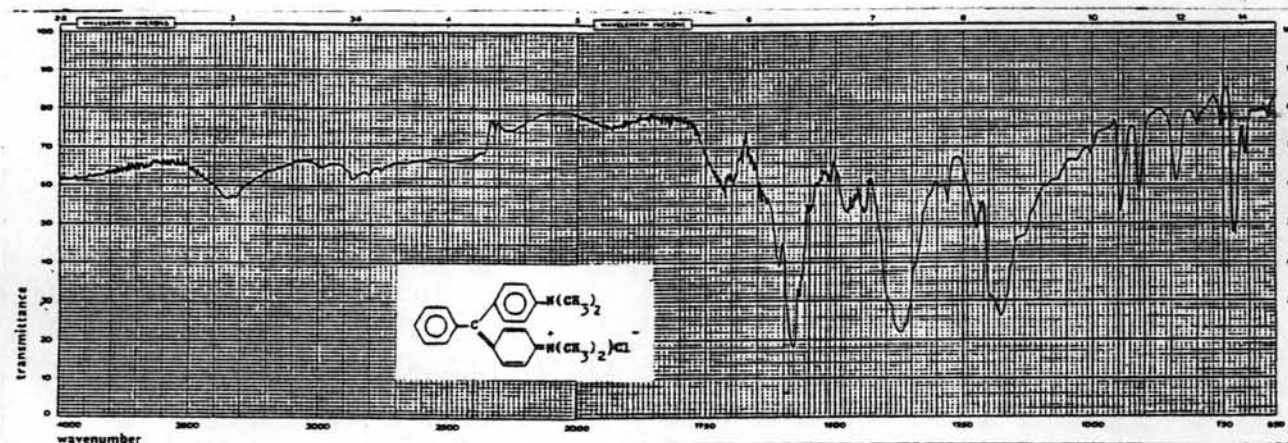
รูปที่ 74 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของควิโนลีน เยลโลว์ (Quinoline Yellow)



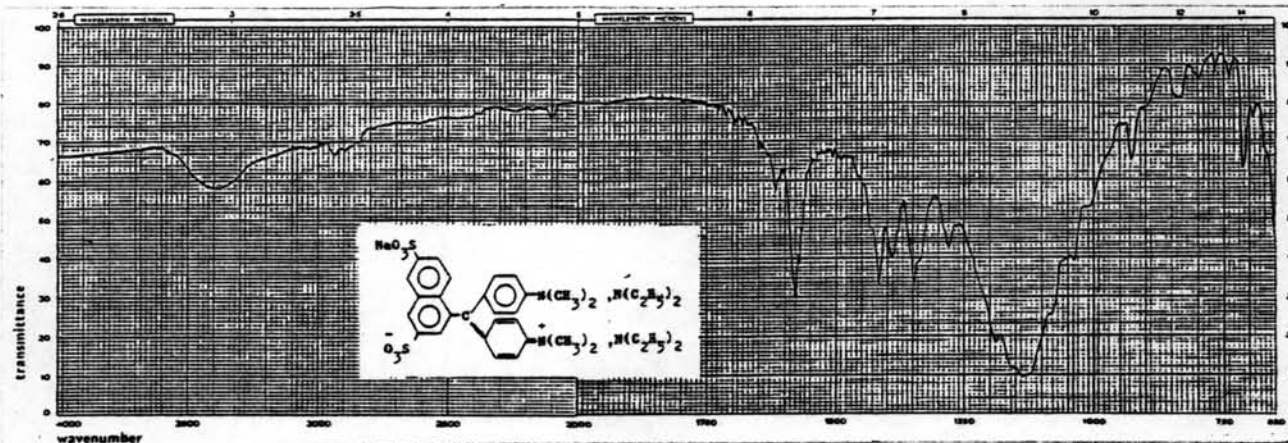
รูปที่ 75 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของรีมาคริล เยลโลว์ 4 ซีแอส (Remacryl Yellow 4GL)



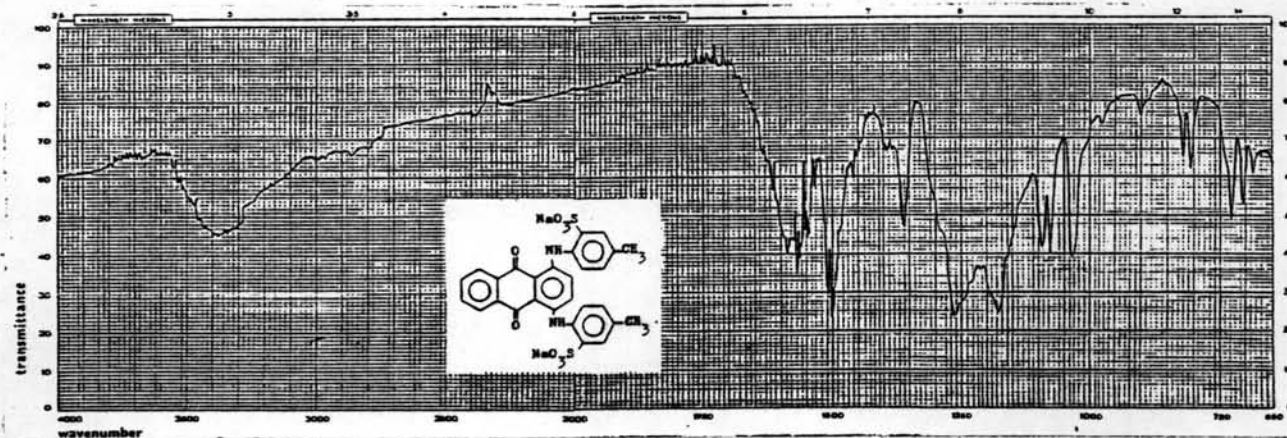
รูปที่ 76 แสดงอินฟราเรดลึ่เปกตรัมของแนพทอล กรีน บี (Naphthol Green B)



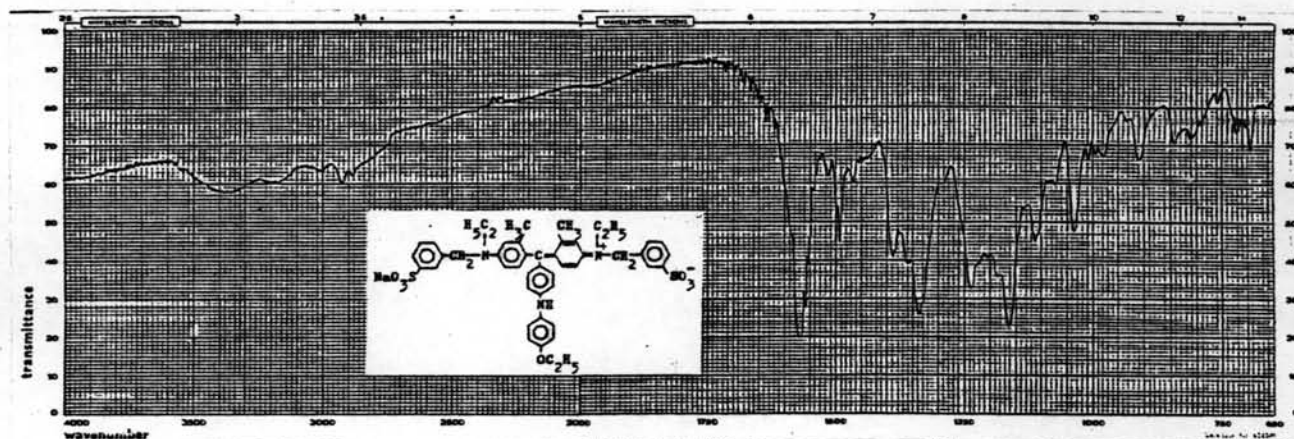
รูปที่ 77 แสดงอินฟราเรดลึ่เปกตรัมของมาลาไคท์ กรีน (Malachite Green)



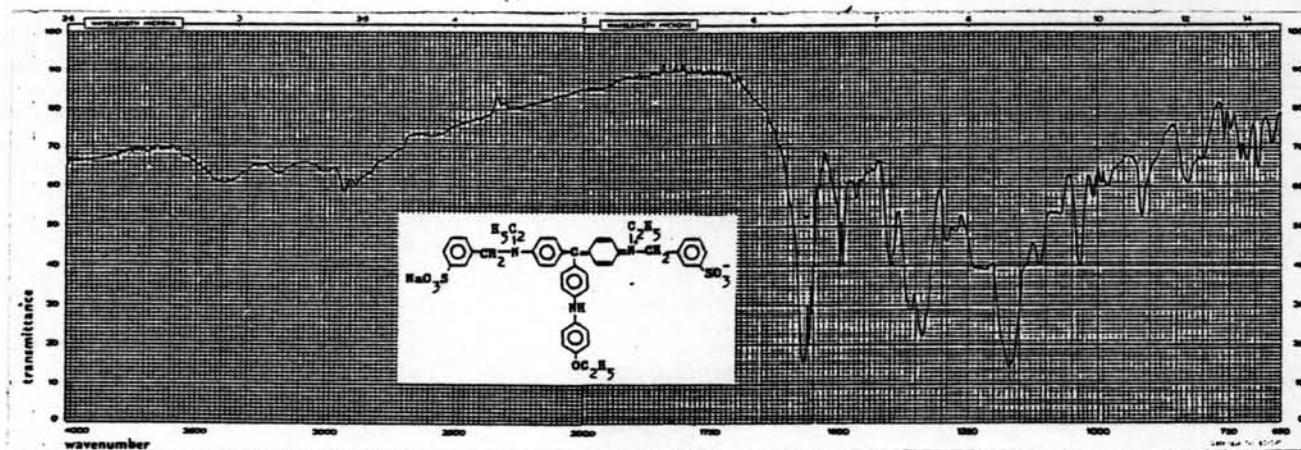
รูปที่ 78 แสดงอินฟราเรดลึ่เปกตรัมของอีริโอ กรีน บี (Erio Green B)



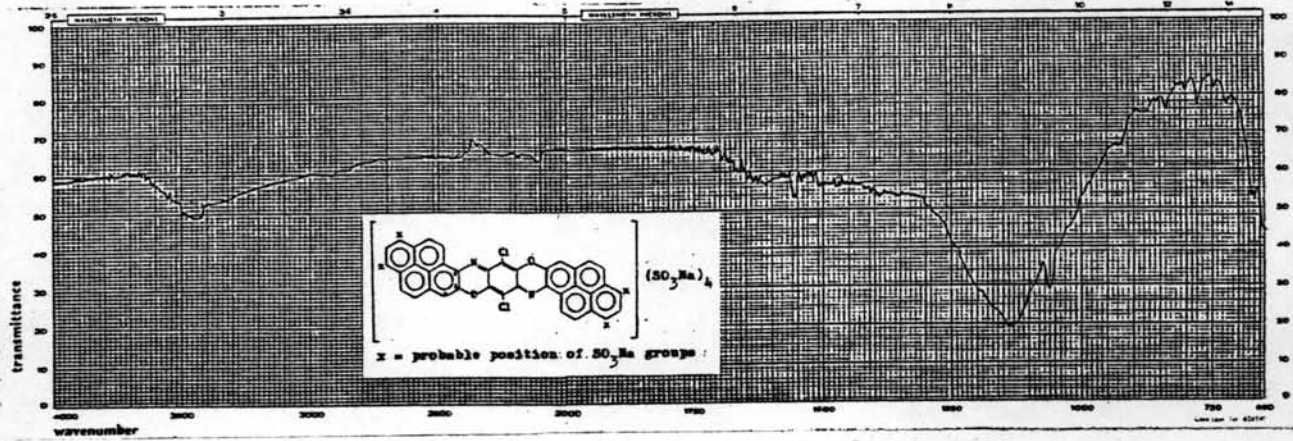
รูปที่ 79 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของคายานอล ไชยานิน กรีน ๘ (Kayanol Cyanine Green G)



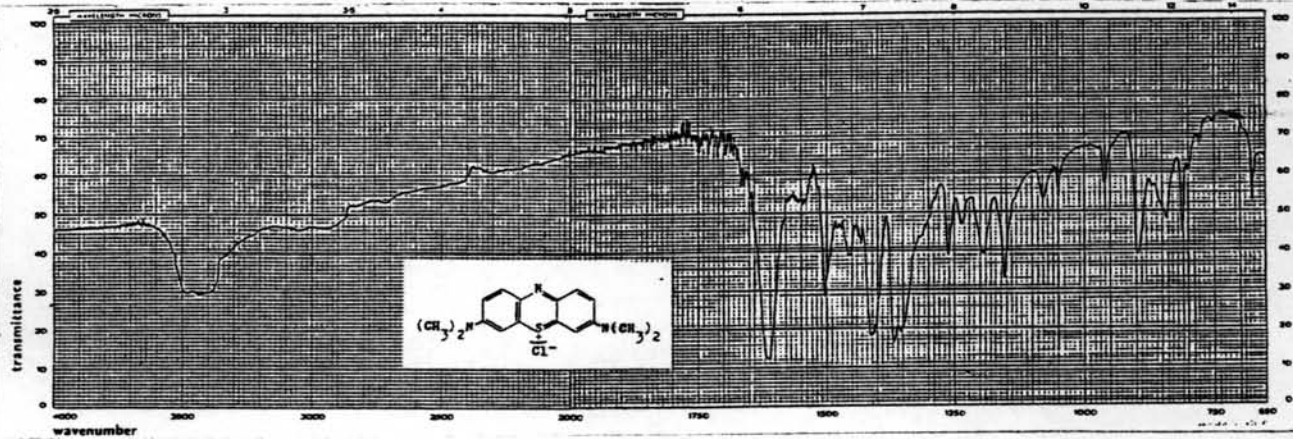
รูปที่ 80 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของคายานอล ไชยานิน ๘ (Kayanol Cyanine G)



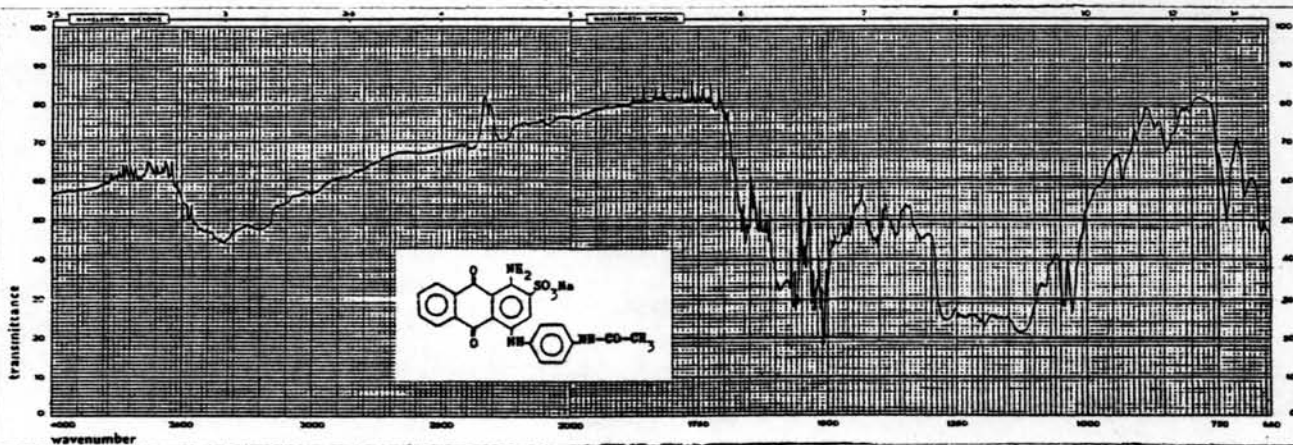
รูปที่ 81 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของคายานอล ไชยานิน 6B (Kayanol Cyanine 6B)



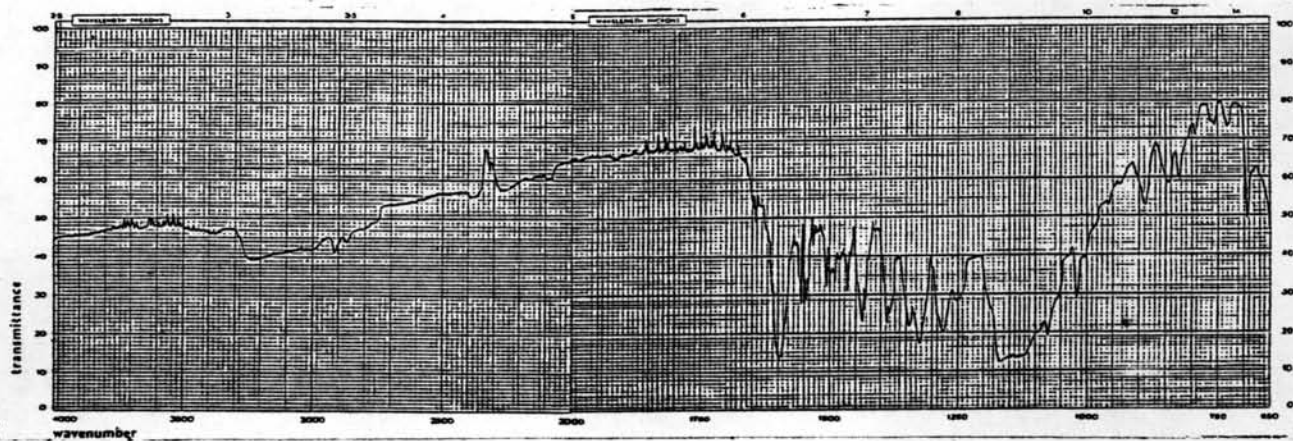
รูปที่ 82 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของดูราซอล บลู บี (Durazol Blue B)



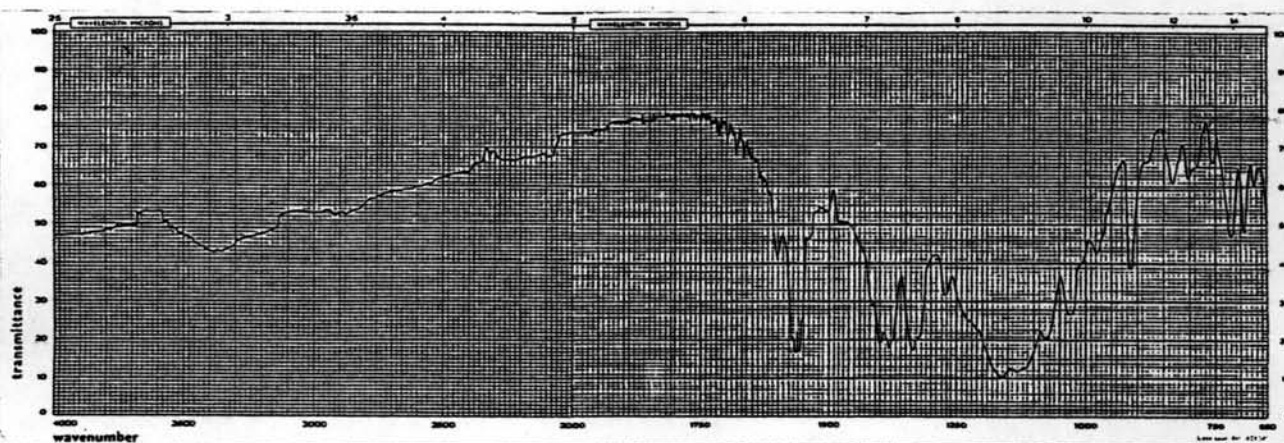
รูปที่ 83 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของเมทิลีน บลู (Methylene Blue)



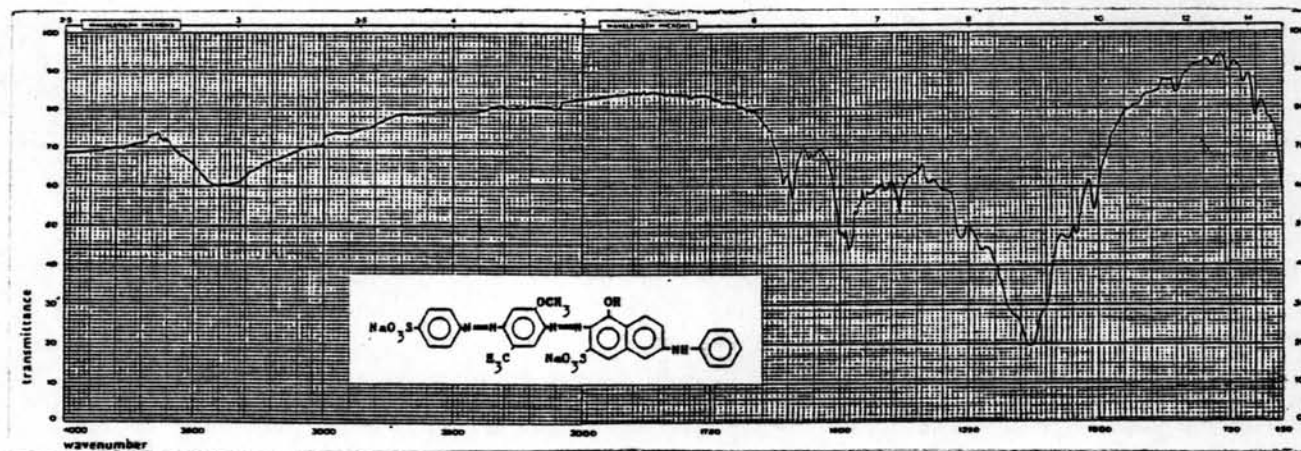
รูปที่ 84 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของลานาเพิร์ล บลู จี (Lanaperl Blue G)



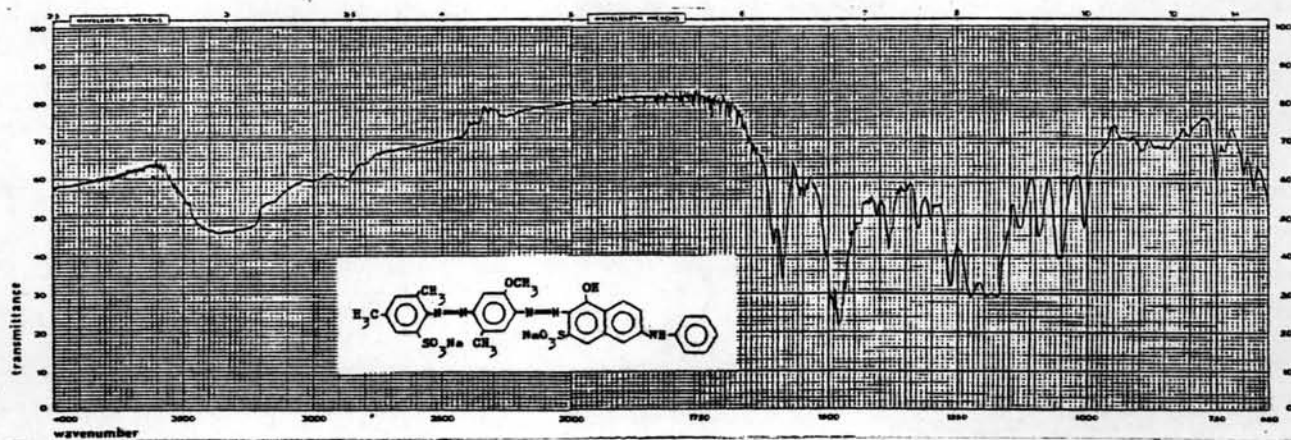
รูปที่ 85 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของรีมาคริล บลู จี (Remacryl Blue G)



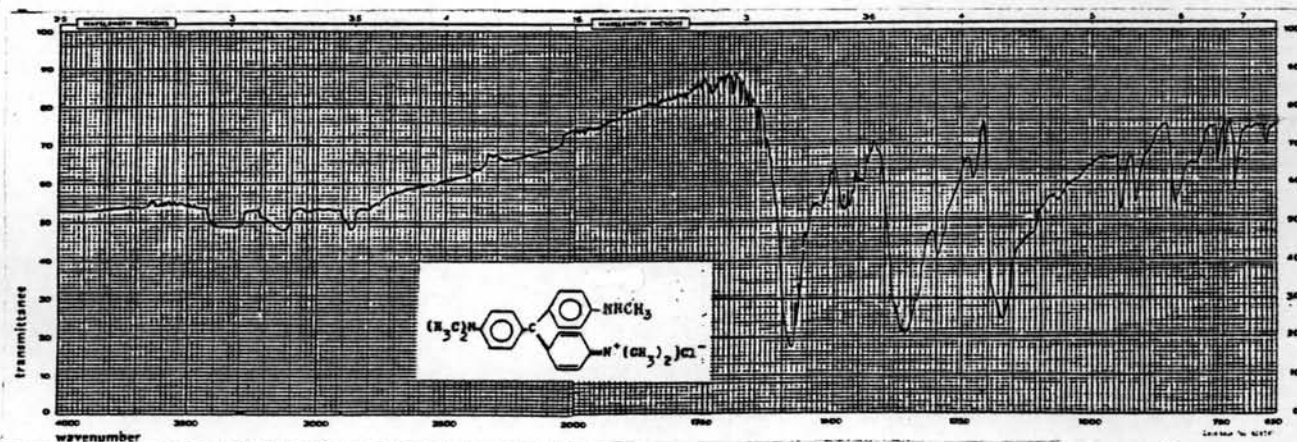
รูปที่ 86 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของอะมิโด บลู เอ (Amido Blue A)



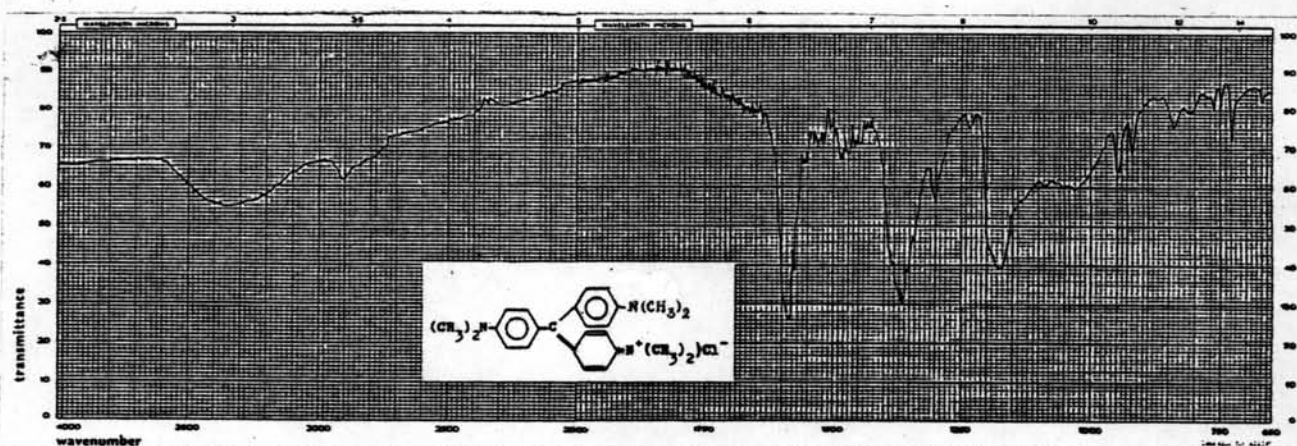
รูปที่ 87 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของไดอะมีน บริลเลียนท์ ไวโอเล็ต บี (Diamine Brilliant Violet B)



รูปที่ 88 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของดูราซอล ไวโอเลต อาร์ (Durazol Violet R)



รูปที่ 89 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของเมทิล ไวโอเลต (Methyl Violet)



รูปที่ 90 แสดงอินฟราเรดสเปกตรัมของคริสตัล ไวโอเลต (Crystal Violet)

#### 4.4 ผลการศึกษาปฏิกิริยาเคมีของสีย้อม

ปฏิกิริยาเคมีของสารละลายสีย้อมในน้ำกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 % (น้ำหนัก/ปริมาตร) และปฏิกิริยาเคมีของสีย้อมที่เป็นผงกับกรดซัลฟูริกเข้มข้นแสดงอยู่ในตารางที่ 7 ปฏิกิริยาเคมีของไหมพรมขนสัตว์ย้อมสีกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น กรดซัลฟูริกเข้มข้น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 % (น้ำหนัก/ปริมาตร) และสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น (ความถ่วงจำเพาะ 0.91) แสดงอยู่ในตารางที่ 8

จากผลของการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าสีย้อมแต่ละชนิดซึ่งมีสีใกล้เคียงกันอยู่หลายชนิด ถ้าต้องการจะบอกว่าเป็นชนิดไหนนั้น นอกจากจะใช้วิธีดังกล่าวมาแล้วก็อาจจะใช้วิธีการศึกษาจากคุณสมบัติของสีนั้น ๆ กับสารเคมีต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นคุณภาพวิเคราะห์ (qualitative test) ได้อย่างดีเพราะจะเห็นได้จากตารางเปรียบเทียบว่าสีแต่ละชนิดอาจให้ปฏิกิริยาเคมีกับสารต่าง ๆ ได้เหมือนกันหลายอย่าง แต่จะมีบางปฏิกิริยาที่ให้ผลแตกต่างกันไปซึ่งก็เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสีเหล่านั้น จากการทดลองนี้ก็เห็นว่า เป็นวิธีที่ง่าย ๆ สำหรับการใช้ในการตรวจสอบสีได้พอสมควร แต่ถ้าจะให้สมบูรณ์ต้องใช้เวลาประกอบไปด้วย

หมายเหตุ สีแอสิต ย้อมไหมพรมขนสัตว์ติดในสารละลายสีย้อมที่เป็นกรด

สีเบสิก ย้อมไหมพรมขนสัตว์ติดในสารละลายสีย้อมที่เป็นด่างยกเว้น

โรดามีน บี ย้อมไหมพรมขนสัตว์ติดในสารละลายของสีย้อมที่เป็นกรด

สีมอร์แดนท์ (อิริโอโครม เรด 3 และอิริโอโครม ฟลาวิน เอ) ย้อมไหมพรมขนสัตว์ติดในสารละลายสีย้อมที่เป็นกรด

สีไตเรคบางชนิดคือ คองโก เรด, ซีเรียส เรด 4 บี, ดุราซอล เรด 2 บี, เบนโซล สคาร์เลต 3 เอส, คายาทุ ไตเรค ฟาสท์ ออเรนจ์ เอส, ดุราซอล บลู บี, ไตอะมิน บริลเลียนท์ ไวโอเลต บี และดุราซอล ไวโอเลต อาร์ ย้อมไหมพรมขนสัตว์ติดในสารละลายสีย้อมที่เป็นกรด ส่วนคริสโซไฟนิน 3 ย้อมไหมพรมขนสัตว์ติดในสารละลายสีย้อมที่เป็นต่าง

ตารางที่ 7 แสดงปฏิกิริยาเคมีของสารละลายสีย้อมในน้ำและสีย้อมที่เป็นผงกับสารเคมีบางชนิด

ชื่อสีย้อม	สีของสารละลาย สีย้อมในน้ำ	ปฏิกิริยาของสารละลายสีย้อม		สีของสีย้อมที่ เป็นของแข็ง	ปฏิกิริยาของสีย้อมที่เป็นผงกับ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
		HCl เข้มข้น	NaOH 10 %		ก่อนการเจือจาง	หลังจากเจือจางแล้ว
<u>สีแดง</u>						
บอร์โด เรด	แดงม่วง	แดงเพิ่มขึ้น	ลัมแดง	ม่วงแดง	น้ำเงินเข้ม	แดงม่วง
อะมะแรนท์	แดงม่วง	แดงม่วง	น้ำตาลแดง	ม่วงแดง	ม่วงน้ำเงิน	แดง
ลานาเฟิล เรด บี	แดง	แดง	แดง เข้มข้น	แดง	ม่วงหม่น	ลัม
อิริโอโครม เรด ซี	แดงน้ำตาล	เหลือง	แดงลัม	แดง เข้ม	ลัมแดง	เหลือง
คองโก เรด	แดงลัม	น้ำเงิน	ลัม	แดง	น้ำเงิน	ตะกอนน้ำเงิน
ซีเรียส เรด 4 บี	แดงม่วง	แดงลัม	แดงม่วง	แดง	น้ำเงิน	แดง
ดูราซอล เรด 2 บี	แดง	ม่วง+น้ำเงิน	ลัม	แดง	น้ำเงิน	แดง
เบนโซ่ สคาร์เลต ซีเอส	แดง	แดง	แดง	แดง	ม่วง	แดง
อะมิโด โรดามีน บี	ชมพูม่วงมีฟลูออ- เรสเซนส์เหลือง	ชมพูลัม	ชมพูม่วง	ม่วง	เหลือง	ลัมเหลือง→ชมพู
ลานาเฟิล ฟอสท์ ฟิงค์อาร์	ชมพู	ชมพู	แดงเพิ่มขึ้น	แดง	ม่วง	ชมพูม่วง
โรดามีน บี	ชมพูม่วงมีฟลูออ- เรสเซนส์	ชมพูม่วง	ชมพูม่วง	ม่วง	เหลือง	ลัมเหลือง→ชมพู
อะมิโด โรดามีน ซี	ชมพูลัมมีฟลูออ- เรสเซนส์เขียว	เหลืองเพิ่มขึ้น	แดงเพิ่มขึ้น	แดง	ลัม	ลัม →ชมพู
ไอโซแลน บอร์โด เค- อาร์แอลเอส	แดงม่วง	แดงม่วง	แดงม่วง	แดง เข้ม	แดงม่วง	แดง



ตารางที่ 7 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	สีของสารละลาย สีย้อมในน้ำ	ปฏิกิริยาของสารละลายสีย้อม		สีของสีย้อมที่ เป็นของแข็ง	ปฏิกิริยาของสีย้อมที่เป็นผงกับ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
		HCl เข้มข้น	NaOH 10 %		ก่อนการเจือจาง	หลังจากเจือจาง แล้ว
<b>สีส้ม</b>						
เมทิล ออเรนจ์	ส้ม	แดงเพิ่มขึ้น	ส้ม	เหลืองน้ำตาล	น้ำตาล	แดงม่วง
ลานาเฟิล สคาร์เลต ซี	ส้ม	ส้มแดง	เหลืองน้ำตาล	แดง	แดงม่วง	ส้ม
ออเรนจ์ II	ส้ม	ส้ม	น้ำตาลแดง	แดงส้ม	แดงม่วง	ส้ม
ออเรนจ์ จีที	ส้มแดง	เหลือง	แดงเพิ่มขึ้น	แดงเข้ม	ส้มแดง	ส้มแดง
ออเรนจ์ อาร์เออน	ส้ม	ส้ม	แดง	ส้มแดง	แดงส้ม	ส้ม
คยาบุก ไตเรค ฟาสท์ ออเรนจ์ เอส์	ส้มแดง	แดงเพิ่มขึ้น	แดงเพิ่มขึ้น	น้ำตาลแดง	แดง	ส้มแดง
ลานาเฟิล บริลเลียนท์ ออเรนจ์ ซี	ส้ม	ส้ม	ส้มแดง	แดงส้ม	แดง	ส้ม
<b>สีเหลือง</b>						
แนพทอล เบลโลว์	เหลือง	สีอ่อนลง	สีเข้มขึ้น	ส้มเหลือง	เหลือง	เหลือง
อิริโดโครม ฟลาวิน เอ	เหลืองเขียว	สีอ่อนลง	ส้ม	เหลืองหม่น	ส้มเหลือง	เหลืองอ่อน
ลานาเฟิล ฟาสท์ เบลโลว์ สีอาร์	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ส้ม	เหลือง	เหลือง
คริสโซฟิโนน ซี	เหลืองส้ม	เหลือง	เหลืองส้ม	ส้มเหลือง	ม่วงแดง	น้ำเงินม่วง
ออรามิน	เหลือง	เหลือง	ไม่มีสี	เหลือง	ไม่มีสี	เหลืองอ่อน
ควิโนลีน เบลโลว์	เหลือง	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ส้ม	เหลือง
รีมาคริลเบลโลว์ 4 ซีแอล	เหลือง	เหลือง	ไม่มีสี	ส้ม	ไม่มีสี	เหลือง

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	สีของสารละลาย สีย้อมในน้ำ	ปฏิกิริยาของสารละลายสีย้อม		สีของสีย้อมที่ เป็นของแข็ง	ปฏิกิริยาของสีย้อมที่เป็นผงกับ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
		HCl เข้มข้น	NaOH 10 %		ก่อนการเลือกจำ	หลังจากเลือกจำ แล้ว
<u>สีเขียว</u>						
แนททอล กรีน บี	เขียวเหลือง	สีอ่อนลง	เขียวน้ำเงิน	เขียว	ส้ม	เหลือง
มาลาโคท กรีน	เขียวน้ำเงิน	เขียว→ส้ม	ไม่มีสี	เขียวน้ำเงิน	เหลือง	ส้มแดง → เขียว
อิริโอกรีน บี	เขียวน้ำเงิน	เหลือง	เขียวน้ำเงิน	เหลือง	เหลือง	เหลือง
คายานอล ไชยามิน กรีน ซี	เขียวน้ำเงิน	เขียวน้ำเงิน	เขียวน้ำเงิน	เขียวเข้ม	เขียว	เขียวน้ำเงิน
<u>สีน้ำเงิน</u>						
คายานอล ไชยามิน ซี	น้ำเงิน	ตะกอนน้ำเงิน	ม่วง	น้ำตาลแดง	น้ำตาลแดง	น้ำเงิน
คายานอล ไชยามิน 6 บี	น้ำเงินแดง	น้ำเงิน	ม่วง	น้ำเงินเข้ม	น้ำตาลแดง	น้ำเงิน
ดูราซอล บลู บี	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	เขียว	น้ำเงิน
เมทิลีน บลู	น้ำเงิน	น้ำเงิน	ม่วง	ม่วงน้ำเงิน	เขียว	น้ำเงิน
ลานาเฟิล บลู ซี	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	น้ำเงิน	เขียว	แดง → น้ำเงิน
ริมาคริล บลู ซี	น้ำเงิน	น้ำเงิน	ม่วงแดง	เขียวน้ำเงิน	น้ำตาลแดง	เขียว → น้ำเงิน
อะนิโต บลู เอ	น้ำเงินเขียว	เขียว	น้ำเงิน	น้ำเงิน	เหลือง	เขียวเหลือง → น้ำเงิน
<u>สีม่วง</u>						
ไดอะมีน บริลเลียนท์	ม่วงแดง	สีอ่อนลง	ม่วงแดง	ม่วง	เขียวน้ำเงิน	น้ำเงิน
ไวโอเลต บี						
ดูราซอล ไวโอเลต อาร์	ม่วงแดง	น้ำเงิน	ม่วงแดง	ม่วง	เขียวน้ำเงิน	น้ำเงินแดง
เมทิล ไวโอเลต	ม่วง	เขียว	ม่วง	ม่วง	ส้ม	เขียวเหลือง →
						น้ำเงินเขียว
คริสตัล ไวโอเลต	ม่วง	เขียว	ม่วง	ม่วง	ส้ม	เขียวเหลือง → น้ำเงิน

ตารางที่ 8 แสดงปฏิกิริยาเคมีของไหมพรมขนสัตว์วัยอมลกับสารเคมีบางชนิด

ชื่อสีย้อม	สีของไหมพรม ขนสัตว์วัยอมล	ปฏิกิริยาของไหมพรมขนสัตว์วัยอมล			
		HCl เข้มข้น	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> เข้มข้น	NaOH 10 %	NH <sub>3</sub> (ถ.พ.0.91)
<u>สีแดง</u>					
บอร์โด เรด	แดงม่วง	ไม่เปลี่ยนแปลง	น้ำเงิน	น้ำตาล	สีเหลืองเพิ่มขึ้น
อะมะแรนท์	แดง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ม่วง	น้ำตาลแดง	น้ำตาลแดง
ลานาเฟิล เรด ปี	แดง	น้ำตาลเข้ม	แดงเข้มขึ้น	น้ำตาลแดง	สีส้มเพิ่มขึ้น
อิริโอโครม เรด ซี	แดงน้ำตาล	เหลือง	เหลือง	น้ำตาลแดง	น้ำตาลแดง
คองโก เรด	แดงส้ม	น้ำเงินเข้ม	น้ำเงินเข้ม	สีส้มเพิ่มขึ้น	สีส้มเพิ่มขึ้น
ซีเรียล เรด 4 ปี	แดง	น้ำเงิน	น้ำเงิน	ม่วง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ดูราซอล เรด 2 ปี	แดง	ม่วง	น้ำเงิน	ส้ม	แดงส้ม
เบนโซ่ สคาร์เลต ซีแอล	แดง	น้ำตาลแดง	น้ำตาล	สีเข้มขึ้น	ไม่เปลี่ยนแปลง
อะมิโต โรดามีน ปี	ชมพูม่วง	ส้ม	ส้ม	ม่วง	ม่วง
ลานาเฟิล ฟาลท์ พิงค์ อาร์	ชมพูม่วง	ไม่เปลี่ยนแปลง	สีแดงเพิ่มขึ้น	แดง	ไม่เปลี่ยนแปลง
โรดามีน ปี	ชมพูม่วง	ชมพูส้ม	เหลืองอ่อน	น้ำเงินเพิ่มขึ้น	ไม่เปลี่ยนแปลง
อะมิโต โรดามีน ซี	ชมพู	ส้ม	ส้ม	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ไอโซแลน บอร์โด เค-อาร์	แดงม่วง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ม่วง	สีอ่อนลง	สีอ่อนลง
แอลแอล					
<u>สีส้ม</u>					
เมทิล ออเรนจ์	ส้ม	แดงม่วง	แดงม่วง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ลานาเฟิล สคาร์เลต ซี	ส้ม	แดงเพิ่มขึ้น	แดง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ออเรนจ์ II	ส้ม	แดงม่วง	แดงม่วง	แดงส้ม	ไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	สีของไหมพรม ขนสัตว์วีย้อมสี	ปฏิกิริยาของไหมพรมขนสัตว์วีย้อมสี			
		HCl เข้มข้น	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> เข้มข้น	NaOH 10 %	NH <sub>3</sub> (ถ.พ.0.91)
ออเรนจ์ สีที	ส้ม	แดง เข้มขึ้น	ส้มแดง	เหลือง	เหลือง เข้มขึ้น
ออเรนจ์ อาร์เออน	ส้ม	แดง	แดง	ส้มแดง	สีแดง เข้มขึ้น
คายาอู ไตเรค ออเรนจ์ เอค	ส้ม	น้ำตาลแดง	ม่วง	แดง เข้มขึ้น	ไม่เปลี่ยนแปลง
ลานาเฟิล บริลเลียนท์	ส้ม	ไม่เปลี่ยนแปลง	น้ำเงิน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ออเรนจ์ ซี					
<u>สีเหลือง</u>					
แนพทอล เบลโลว์	เหลือง	ไม่มีสี	เหลืองอ่อน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
อิริโอโครม ฟลาวิน เอ	เหลือง	ส้มแดง	ส้มแดง	ส้ม	ส้ม เข้มขึ้น
ลานาเฟิล ฟาสท์ เบลโลว์	เหลือง	ส้ม เข้มขึ้น	เหลืองอ่อน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
สีอาร์					
คริลโซฟีนีน ซี	เหลือง	น้ำเงินม่วง	ม่วง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ออรามิน	เหลือง	ไม่มีสี	ไม่มีสี	ไม่มีสี	สีอ่อนลง
ควิโนลิน เบลโลว์	เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ส้มเหลือง	เหลืองส้ม	เหลือง
ริมาคริล เบลโลว์ 4 ซีแอล	เหลือง	ไม่เปลี่ยนแปลง	เหลืองอ่อน	สีอ่อนลง	สีอ่อนลง
<u>สีเขียว</u>					
แนพทอล กรีน บี	เขียวอ่อน	ไม่มีสี	เหลืองน้ำตาล	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
มาลาโคท์ กรีน	เขียว	ส้ม	ส้ม	สีอ่อนลง	สีอ่อนลง
อิริโอ กรีน บี	เขียว	เหลือง	ไม่มีสี	สีอ่อนลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
คายานอล ไฮยามิน กรีน ซี	เขียวน้ำเงิน	สีเขียว เข้มขึ้น	สีเขียว เข้มขึ้น	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ชื่อสีย้อม	สีของไหมพรม ขนสัตว์วีลล์	ปฏิกิริยาของไหมพรมขนสัตว์วีลล์			
		HCl เข้มข้น	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> เข้มข้น	NaOH 10 %	NH <sub>3</sub> (ถ.พ.0.91)
<u>สีน้ำเงิน</u>					
คายนอล ไชยานิน 5	น้ำเงิน	น้ำตาล	น้ำตาล	น้ำตาลเข้ม	น้ำเงิน
คายนอล ไชยานิน 6 ปี	น้ำเงินม่วง	น้ำตาล	น้ำตาล	ม่วง	ไม่มีสี
ตุราซอล บลู ปี	น้ำเงิน	ไม่เปลี่ยนแปลง	เขียว	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
เมทิลีน บลู	น้ำเงิน	น้ำเงินเขียว	เขียว	สีอ่อนลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ลานาเฟิล บลู 5	น้ำเงิน	ม่วง	ม่วง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ริมาคริล บลู 5	น้ำเงินม่วง	เขียว	เขียว	แดง	น้ำเงิน
อะมิโต บลู เอ	น้ำเงิน	เขียว→เหลือง	เขียว→เหลือง	เขียวน้ำเงิน	ไม่เปลี่ยนแปลง
<u>สีม่วง</u>					
ไดอะซีน บริลเลียนท์	ม่วงแดง	น้ำเงิน	น้ำเงิน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
ไวโอเลต ปี					
ตุราซอล ไวโอเลต อาร์	ม่วงแดง	ม่วงน้ำเงิน	น้ำเงิน	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง
เมทิล ไวโอเลต	ม่วง	ส้ม	เหลืองน้ำตาล	สีอ่อนลง	สีอ่อนลง
คริสตัล ไวโอเลต	ม่วงน้ำเงิน	ส้ม	ส้ม	สีอ่อนลง	สีอ่อนลง

#### 4.5 ผลการตรวจวิเคราะห์สีย้อมที่ผสมในตัวอย่างอาหาร

การวิจัยนี้ได้เก็บตัวอย่างอาหารหวานและเครื่องดื่ม 156 ชนิด และอาหารคาว 44 ชนิดที่ผลิต และมีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่ว ๆ ไป มาทำการวิเคราะห์สีย้อมที่ผสมอยู่โดยใช้เทคนิคทางเปเปอร์โครมาโตกราฟี เทคนิคทางวิลเลปเปอร์โครมาโตเมตรี และการทดสอบด้วยปฏิกิริยาเคมี เช่นการวิเคราะห์สีย้อมในวัณโรคสีชมพู ตลาดประแจจีน ยมราช เมื่อนำสารละลายสีที่ได้จากอาหารและทำให้บริสุทธิ์แล้ว โดยการย้อมไหมพรมขนสัตว์ในสารละลายที่เป็นกรดเล็กน้อยมาทำเปเปอร์โครมาโตกราฟี ในตัวทำละลายชนิดที่ 5 และชนิดที่ 12 โดยเปรียบเทียบกับสีย้อมมาตรฐานบนกระดาษแผ่นเดียวกัน ปรากฏว่าสีย้อมในวัณโรคสีชมพูมีเพียงชนิดเดียว และค่า  $R_F$  ใกล้เคียงกับโรดามีน บี มาก เมื่อนำสารละลายสีที่ได้ทำให้บริสุทธิ์แล้วเติมลงในบัฟเฟอร์เพื่อให้ pH ของสารละลายเป็น 11 แล้วนำไปบันทึกสเปกตรัมเทียบกับสารละลายบัฟเฟอร์ pH 11 วัดความยาวคลื่นที่แสงดูดกลืนได้มากที่สุด ( $\lambda_{max}$ ) ได้ 550 นาโนเมตร จากค่าความยาวคลื่นที่แสงดูดกลืนได้มากที่สุด และจากการเปรียบเทียบรูปร่างลักษณะของสเปกตรัมที่ได้กับสเปกตรัมของสีมาตรฐาน แสดงให้เห็นว่าสีย้อมในวัณโรคสีชมพูคือ โรดามีน บี นอกจากนี้เมื่อทดสอบด้วยปฏิกิริยาเคมีก็ให้ผลเช่นเดียวกับโรดามีน บี จึงสรุปได้ว่าสีย้อมในวัณโรคสีชมพู ตลาดประแจจีน ยมราช คือโรดามีน บี สำหรับการวิเคราะห์สีย้อมในตัวอย่างอาหารชนิดอื่น ๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9

จากผลการทดลองพบว่าในอาหารหวานและเครื่องดื่มที่นำมาวิเคราะห์ 156 ชนิด ใช้สีย้อมในการปรุงแต่งสี 61 ชนิดคิดเป็นร้อยละ 39.1 สีย้อมที่พบคือ โรดามีน บี, ออรามิน, ออเรนจ์ II และมาลาโคท์ กรีน สีย้อมที่พบมากที่สุดคือโรดามีน บี ซึ่งผสมในอาหารหวานเพื่อให้เป็นสีชมพู

สำหรับอาหารคาว 44 ชนิด ใช้สีย้อมในการปรุงแต่งสี 23 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 54.5 สีย้อมที่พบคือ ออเรนจ์ II, ออเรนจ์ อาร์เอ, โรดามีน บี, ออรามิน และสีย้อมชนิดอื่นซึ่งไม่ได้ศึกษาในการวิจัยนี้หลายชนิด ดังนั้น จากการวิเคราะห์สีในอาหาร 200 ชนิด ปรากฏว่าพบสีย้อมร้อยละ 42.5 สีส้มอาหารร้อยละ 55.5 และไม่พบสีสังเคราะห์ร้อยละ 2

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์หีสัย้อมในอาหารชนิดต่าง ๆ

อันดับ ที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง	สิ่งที่ตรวจพบ
	<u>อาหารหวาน</u>		
1	วันกรอบ สีชมพู	ตลาดประแจจีน ยมราช	โรตามีน บี
2	วันกรอบ สีเขียว	ตลาดประแจจีน ยมราช	สีผสมอาหาร
3	วันกรอบ สีเหลือง	ตลาดประแจจีน ยมราช	ออรามิน
4	วันกรอบ สีชมพู	สะพานควาย	โรตามีน บี
5	วันกรอบ สีเขียว	สะพานควาย	สีผสมอาหาร
6	วันกรอบ สีเหลือง	สะพานควาย	สีผสมอาหาร
7	วันกรอบ สีชมพู	สนามหลวง	โรตามีน บี
8	วันกรอบ สีเขียว	สนามหลวง	สีผสมอาหาร
9	วันกรอบ สีเหลือง	สนามหลวง	สีผสมอาหาร
10	วันกรอบ สีส้ม	สนามหลวง	โรตามีน บี + สีผสมอาหาร
11	วันกรอบ สีชมพู	บางลำภู	โรตามีน บี
12	วันกรอบ สีเขียว	บางลำภู	สีผสมอาหาร
13	วันกรอบ สีเหลือง	บางลำภู	สีผสมอาหาร
14	วันกรอบ สีชมพู	ตลาดจังหวัดนนทบุรี	โรตามีน บี
15	วันกรอบ สีเขียว	ตลาดจังหวัดนนทบุรี	สีผสมอาหาร
16	วันกรอบ สีเหลือง	ตลาดจังหวัดนนทบุรี	สีผสมอาหาร
17	วันกรอบ สีส้ม	ประตูน้ำ	สีผสมอาหาร
18	วันฉืด สีชมพู	ตลาดเจ้าพรหม อยุรยา	โรตามีน บี
19	วันฉืด สีชมพู	บางแค	โรตามีน บี + สีผสมอาหาร
20	วันฉืด สีเขียว	บางแค	สีผสมอาหาร
21	วันหวาน สีชมพู	ตลาดเจ้าพรหม อยุรยา	โรตามีน บี
22	วันหวาน สีเขียว	ตลาดเจ้าพรหม อยุรยา	สีผสมอาหาร
23	วันหวาน สีส้ม	ตลาดเจ้าพรหม อยุรยา	ออเรนจ์ II
24	วันหวาน สีเหลือง	ตลาดศรีใน พระประแดง	สีผสมอาหาร
25	วันหวาน สีชมพู	ตลาดจังหวัดนครปฐม	สีผสมอาหาร
26	วันหวาน สีเขียว	ตลาดจังหวัดนครปฐม	สีผสมอาหาร
27	วันหวาน สีแดง	ตลาด ข.อมรพันธ์	สีผสมอาหาร
28	วันหวาน สีเขียว	ตลาด ข.อมรพันธ์	สีผสมอาหาร

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง	สิ่งที่ตรวจพบ
29	วันหวาน สีม่วง	พาหุรัด	สีผสมอาหาร
30	วันหวาน สีเขียว	พาหุรัด	สีผสมอาหาร
31	มะพร้าวแก้ว สีม่วง	ข้างวัดโล้ธร ฉะเชิงเทรา	โรดามีน บี
32	มะพร้าวแก้ว สีเขียว	ข้างวัดโล้ธร ฉะเชิงเทรา	สีผสมอาหาร
33	มะพร้าวแก้ว สีเหลือง	ข้างวัดโล้ธร ฉะเชิงเทรา	สีผสมอาหาร
34	มะพร้าวแก้ว สีม่วง	ตลาดบางรัก	โรดามีน บี
35	มะพร้าวแก้ว สีเหลือง	ตลาดบางรัก	ออรามิน
36	มะพร้าวแก้ว สีม่วง	ตลาดมหานาค	โรดามีน บี
37	มะพร้าวแก้ว สีเหลือง	ตลาดมหานาค	ออรามิน
38	มะพร้าวแก้ว สีม่วง	ตลาดจังหวัดนครปฐม	โรดามีน บี
39	ขนมขี้หนู สีม่วง	ตลาดสะพาน 2 ลาดพร้าว	โรดามีน บี
40	ขนมขี้หนู สีม่วง	ตลาดบางรัก	โรดามีน บี
41	ขนมขี้หนู สีเขียว	ตลาดบางรัก	สีผสมอาหาร
42	ขนมขี้หนู สีม่วง	ตลาดจังหวัดนครปฐม	โรดามีน บี
43	ขนมขี้หนู สีเขียว	ตลาดจังหวัดนครปฐม	สีผสมอาหาร
44	ขนมขี้หนู สีม่วง	ตลาดอโศก	โรดามีน บี
45	ขนมขี้หนู สีเขียว	ตลาดอโศก	สีผสมอาหาร
46	ขนมถั่วฝู สีม่วง	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	โรดามีน บี
47	ขนมถั่วฝู สีเหลือง	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	ออรามิน
48	ขนมถั่วฝู สีเขียว	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	สีผสมอาหาร
49	ขนมถั่วฝู สีม่วง	ตลาดบางแค	โรดามีน บี
50	ขนมถั่วฝู สีเขียว	ตลาดบางแค	สีผสมอาหาร
51	ขนมถั่วฝู สีม่วง	ตลาดจังหวัดนครปฐม	โรดามีน บี
52	ขนมถั่วฝู สีม่วง	ตลาดจังหวัดอุดรธานี	โรดามีน บี
53	ขนมถั่วฝู สีเขียว	ตลาดจังหวัดอุดรธานี	สีผสมอาหาร
54	ขนมตาล	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	โรดามีน บี + ออรามิน
55	โรตีสายไหม สีม่วง	ตลาดบางขุนนนท์	โรดามีน บี
56	โรตีสายไหม สีม่วง	ประตูน้ำ	โรดามีน บี
57	ขนมลำลี สีม่วง	ตลาดครุฑใน พระประแดง	โรดามีน บี
58	ขนมลำลี สีม่วง	ตลาดจังหวัดนนทบุรี	โรดามีน บี
59	ขนมลำลี สีม่วง	ตลาดอโศก	โรดามีน บี



## ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง	สิ่งที่ตรวจพบ
60	ขนมล่าสี่ สีชมพู	ตลาดจังหวัดนครปฐม	สีผสมอาหาร
61	ขนมล่าสี่ สีชมพู	ตลาดหัวรอ อุดรยา	สีผสมอาหาร
62	ขนมล่าสี่ สีชมพู	ตลาดจังหวัดอุดรธานี	สีผสมอาหาร
63	ขนมตัวง สีชมพู	ตลาดอโศก	โรตامين บี
64	ขนมตัวง สีชมพู	ตลาดราชวัตร	โรตامين บี
65	ขนมตัวง สีชมพู	ตลาดลำยาน	โรตامين บี
66	ขนมตัวง สีชมพู	ตลาดลำยาน	สีผสมอาหาร
67	ขนมตัวง สีชมพู	ตลาดสุทริสาร	สีผสมอาหาร
68	ขนมตัวง สีเขียว	ตลาดสุทริสาร	สีผสมอาหาร
69	ขนมตัวง สีชมพู	ตลาดมหานาค	โรตامين บี
70	ขนมตัวง สีเขียว	ตลาดมหานาค	สีผสมอาหาร
71	ขนมผิง สีชมพู	ตลาดบางสำญ	โรตامين บี
72	ขนมผิง สีเขียว	ตลาดบางสำญ	มาลาโคท กรีน + ออรามิน
73	ขนมผิง สีเหลือง	ตลาดบางสำญ	ออรามิน
74	ขนมผิง สีส้ม	ตลาดบางสำญ	โรตامين บี + ออรามิน
75	ขนมผิง สีชมพู	ตลาดเจ้าพรหม อุดรยา	โรตامين บี
76	ขนมผิง สีเขียว	ตลาดเจ้าพรหม อุดรยา	มาลาโคท กรีน + ออรามิน
77	ขนมผิง สีเหลือง	ตลาดเจ้าพรหม อุดรยา	ออรามิน
78	ขนมผิง สีส้ม	ตลาดเจ้าพรหม อุดรยา	โรตامين บี + ออรามิน
79	ขนมผิง สีชมพู	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	โรตامين บี
80	ขนมผิง สีเขียว	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	มาลาโคท กรีน + ออรามิน
81	ขนมผิง สีเหลือง	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	ออรามิน
82	ขนมผิง สีส้ม	ตลาด อ.ป่าโมก อ่างทอง	โรตامين บี + ออรามิน
83	ขนมผิง สีชมพู	ตลาด ช.อมรพันธ์	โรตامين บี
84	ขนมผิง สีชมพู	ตลาดขนส่งสายใต้	โรตامين บี
85	ขนมผิง สีเขียว	ตลาดขนส่งสายใต้	มาลาโคท กรีน + ออรามิน
86	ขนมผิง สีเหลือง	ตลาดขนส่งสายใต้	ออรามิน
87	ขนมผิง สีส้ม	ตลาดขนส่งสายใต้	โรตامين บี + ออรามิน
88	ขนมผิง สีชมพู	ประตูน้ำ	โรตامين บี
89	ขนมผิง สีเขียว	ประตูน้ำ	สีผสมอาหาร
90	ขนมผิง สีเหลือง	ประตูน้ำ	สีผสมอาหาร

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง	สิ่งที่ตรวจพบ
91	ขนมผิง สีส้ม	ประตู่หน้า	โรต้ามิน ซี + สีส้มอาหาร
92	ข้าวเกรียบกุ้ง คีร์สาไบ	ข้างวัดโล่ธร ฉะเชิงเทรา	ออเรนจ์ II
93	ข้าวเกรียบกุ้ง ลูมาลี	ข้างวัดโล่ธร ฉะเชิงเทรา	ออเรนจ์ II
94	ข้าวเกรียบกุ้ง ล่งขลา	สนามหลวง	สีผสมอาหาร
95	ข้าวเกรียบสิงคโปร์ สีเหลือง	บางลำภู	โรต้ามิน ซี
96	ข้าวเกรียบสิงคโปร์ สีเขียว	บางลำภู	สีผสมอาหาร
97	ข้าวเกรียบสิงคโปร์ สีเหลือง	บางลำภู	สีผสมอาหาร
98	ข้าวเกรียบสิงคโปร์ สีส้ม	บางลำภู	ออเรนจ์ II
99	ข้าวเกรียบกุ้ง	อยุธยา	สีผสมอาหาร
100	ขนมขี้ัน สีแดง	ตลาดลู่ทริสาร	สีผสมอาหาร
101	ขนมขี้ัน สีชมพู	บางลำภู	สีผสมอาหาร
102	ขนมขี้ัน สีเขียว	บางลำภู	สีผสมอาหาร
103	ขนมขี้ัน สีชมพู	ตลาดวงเวียน 22 กรกฎาคม	สีผสมอาหาร
104	ขนมขี้ัน สีชมพู	ตลาดบางขุนนนท์	สีผสมอาหาร
105	ขนมขี้ัน สีเขียว	ตลาดบางขุนนนท์	สีผสมอาหาร
106	ขนมขี้ัน สีชมพู	ตลาดครุใน พระประแดง	สีผสมอาหาร
107	ขนมขี้ัน สีเขียว	ตลาดครุใน พระประแดง	สีผสมอาหาร
108	ขนมขี้ัน สีแดง	ตลาดลำม้าย่าน	สีผสมอาหาร
109	ขนมขี้ัน สีแดง	ตลาดนครปฐม	สีผสมอาหาร
110	ขนมขี้ัน สีชมพู	ตลาดนครปฐม	สีผสมอาหาร
111	ขนมขี้ัน สีเขียวโค้ก	ตลาดนครปฐม	สีผสมอาหาร
112	ขนมขี้ัน สีเขียว	ตลาดนครปฐม	ไม้พบสีสังเคราะห์
113	ขนมขี้ัน สีแดง	ตลาดบางรัก	สีผสมอาหาร
114	ขนมขี้ัน สีแดงม่วง	ตลาดบางรัก	สีผสมอาหาร
115	ขนมขี้ัน สีเขียว	ตลาดบางรัก	สีผสมอาหาร
116	ขนมขี้ัน สีแดง	ตลาดจังหวัดอุดรธานี	สีผสมอาหาร

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่อสีอาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง	สีที่ตรวจพบ
117	ขนมขั้ว สีแดง	ตลาดอโคก	สีผสมอาหาร
118	ขนมขั้ว สีชมพู	ตลาด อ.โพธาราม ราชบุรี	สีผสมอาหาร
119	ขนมขั้วหน้า สีเขียว	ตลาดบางแค	สีผสมอาหาร
120	ขนมขั้วหน้า สีเหลือง	ตลาดบางแค	สีผสมอาหาร
121	ขนมขั้วหน้า สีเขียว	ตลาดอโคก	สีผสมอาหาร
122	ขนมขั้วหน้า สีชมพู	ตลาดอโคก	โรดามีน บี
123	ข้า้หริ่ม สีชมพู	ตลาดประตูน้ำ	โรดามีน บี
124	ข้า้หริ่ม สีเขียว	ตลาดประตูน้ำ	สีผสมอาหาร
125	ข้า้หริ่ม สีชมพู	ตลาดบางสำเภา	สีผสมอาหาร
126	ข้า้หริ่ม สีเขียว	ตลาดบางสำเภา	สีผสมอาหาร
127	ลอดช่องสิงคโปร์ สีเขียว	ตลาดปากน้ำ	สีผสมอาหาร
128	ลอดช่องสิงคโปร์ สีเขียว	ตลาดประตูน้ำ	สีผสมอาหาร
129	ทอฟฟี่ สีแดง	สำนงหลวง	สีผสมอาหาร
130	ทอฟฟี่ Parrot สีแดง	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
131	ทอฟฟี่ Penguin สีส้ม	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
132	อมยิ้ม Parrot สีแดง	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
133	อมยิ้ม Parrot สีเขียว	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
134	อมยิ้ม Parrot สีเหลือง	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
135	อมยิ้ม Parrot สีส้ม	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
136	น้ำหวาน ทรายากบ สีแดง	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
137	น้ำหวาน ทรายากบ สีเขียว	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง	สีที่ตรวจพบ
138	น้ำหวาน ตรากบ สีส้ม	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
139	น้ำหวาน ตรามิ่งเหลือง สีแดง	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
140	น้ำหวาน ตรามิ่งเหลือง สีเขียว	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
141	น้ำหวาน ตรามิ่งเหลือง สีส้ม	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
142	น้ำผลไม้ Joyce รสอ่อน	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
143	น้ำผลไม้ Joyce รสส้ม	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
144	น้ำผลไม้ Joyce รสลับประด	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
145	น้ำผลไม้ Joyce รสมะเขือเทศ	จากร้านค้าทั่วไป	สีผสมอาหาร
146	น้ำกัญ	ศรียานัน	สีผสมอาหาร
147	ข้าวเหนียวสีเหลือง	ตลาดครูโน พระประแดง	สีผสมอาหาร
148	ข้าวเหนียวสีเหลือง	ตลาดสังหวาตมณฑุรี	สีผสมอาหาร
149	มะม่วงทอง	พาหุรัต	สีผสมอาหาร
150	มะม่วงทอง	สนามหลวง	สีผสมอาหาร
151	ฝอยทองกรอบ	พาหุรัต	สีผสมอาหาร
152	เชอร์รี่เชื่อม สีแดง	พาหุรัต	สีผสมอาหาร
153	เชอร์รี่เชื่อม สีเขียว	พาหุรัต	สีผสมอาหาร
154	Fruit Jelly สีเหลือง	พาหุรัต	สีผสมอาหาร
155	Fruit Jelly สีส้ม	พาหุรัต	สีผสมอาหาร
156	Fruit Jelly สีเขียว	พาหุรัต	สีผสมอาหาร

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง	สิ่งที่ตรวจพบ
	<u>อาหารคาว</u>		
157	ชอล์ สีสแดง	ตลาดนครปฐม	ออเรนจ์ II + สีย้อม
158	ชอล์ สีสแดง	ตลาดวงเวียน 22 กรกฎาคม	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา + ออเรนจ์ II
159	ชอล์ สีสแดง	ตลาดประตูน้ำ	สีผสมอาหาร
160	ชอล์ สีสแดง	ตลาดบางแค	สีผสมอาหาร
161	ชอล์ สีสแดง	ตลาดบางกะปิ	สีผสมอาหาร
162	ชอล์ สีสแดง	ตลาดจังหวัดอุดรธานี	สีผสมอาหาร
163	ชอล์ สีสแดง	ตลาดราชวัตร	สีผสมอาหาร
164	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาดลำยาน	สีผสมอาหาร
165	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาดจังหวัดนครปฐม	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
166	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาดจังหวัดนครปฐม	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
167	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาดหัวรอ อปุรยา	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา + สีผสมอาหาร
168	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาด ช.อมรพันธ์	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา + สีผสมอาหาร
169	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาดจังหวัดอุดรธานี	สีผสมอาหาร
170	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาดวงเวียน 22 กรกฎาคม	สีผสมอาหาร
171	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	สำนงหลวง	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา สีผสมอาหาร
172	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	สำนงหลวง	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา สีผสมอาหาร
173	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	สำนงหลวง	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
174	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาด อ.โพธาราม ราชบุรี	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
175	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาดบางสำฏ	สีผสมอาหาร
176	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาดบางแค	ออเรนจ์ II + สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
177	กุ้งแห้งฝอย สีส้ม	ตลาดบางแค	ออเรนจ์ II
178	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาดบางกะปิ	สีผสมอาหาร
179	กุ้งแห้งฝอย สีสแดง	ตลาดย่นล่งกล้วยใต้	สีผสมอาหาร

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับ ที่	ชื่ออาหาร	สถานที่เก็บตัวอย่าง	สีที่ตรวจพบ
180	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดประตูน้ำ	สีผสมอาหาร
181	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดตอโคก	สีข้อม 2 ชนิดไม่มีในสีที่ศึกษา
182	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดปากน้ำ	สีข้อมไม่มีในสีที่ศึกษา + สีผสมอาหาร
183	กุ้งแห้งฝอย สีแดง	ตลาดสะพาน 2 ลาดพร้าว	สีข้อมไม่มีในสีที่ศึกษา + สีผสมอาหาร
184	ไส้กรอกหมู	บางกอกแฮม	สีผสมอาหาร
185	ไส้กรอกหมู	Barking deer Sausage	สีผสมอาหาร
186	ไส้กรอกหมู	Royal Sausage	โรดามีน บี
187	ไส้กรอกหมู	Thai Sausage	สีผสมอาหาร
188	ไส้กรอกไก่	C.P.	ไม่พบสี
189	เต้าหู้ยี้	ตลาดจังหวัดนครปฐม	ไม่พบสี
190	เต้าหู้ สีเหลือง	ตลาดราษัตรี	สีผสมอาหาร
191	เต้าหู้ สีเหลือง	ตลาดลำยำน	สีข้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
192	กุนเชียง	ล้นามหลวง	สีข้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
193	กุนเชียง	ตลาดจังหวัดนครปฐม	สีผสมอาหาร
194	ปลาเค็ม	ล้นามหลวง	ออเรนจ์ อาร์ เอ็น
195	ลูกชิ้นปลา สีส้ม	ตลาดจังหวัดนครปฐม	ออเรนจ์ II
196	ไก่ย่าง	ตลาดบ้านแพน อูร์ยา	ออเรนจ์ II
197	เนื้อเค็ม	ตลาดจังหวัด เชียงใหม่	สีข้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
198	แหนม	ตลาดจังหวัดนครปฐม	ไม่พบสี
199	ชิงตอง	ตลาดลำยำน	โรดามีน บี
200	เกี่ยมฉ่าย	ล้นามหลวง	ออเรนจ์

## 4.6 ผลการตรวจวิเคราะห์สีบรรจุช่องที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด

จากการวิเคราะห์สีบรรจุช่องขนาดเล็กที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดด้วยเทคนิคทาง  
เปเปอร์โครมาโตกราฟี เทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตรี และการทดสอบด้วยปฏิกิริยาเคมี  
ปรากฏผลดังแสดงในตารางที่ 10

สิบลرزของ 13 ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์หาล้วนใหญ่เป็นสีย้อมไม่ล่ามารถนำมาใช้ปรุงแต่งสีในอาหารได้ มีเพียงตัวอย่างเดียวเท่านั้นคือ สีแดงเลือดหมูของห้างเรียงตางซึ่งตรวจพบสีผสมอาหาร ดังนั้น จึงไม่ควรนำสิบลرزของขนาดเล็กที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปมาใช้ใส่ในอาหาร แต่จากสีย้อมที่ตรวจพบซึ่งได้แก่ ออเรนจ์ II, มาลาโคท กรีน, ออรามิน และโรดามีน ซี แสดงว่ายังมีผู้รู้เท่าไม่ถึงการณ์นำเอาสิบลرزของเหล่านี้มาใช้ใส่ในอาหารเป็นจำนวนมาก เนื่องจากตรวจพบสีชนิดเดียวกันนี้ในตัวอย่างอาหารจำนวนมาก และบางครั้งผู้ขายเองยังบอกผู้ซื้อว่าเป็นสีที่ไม่เป็นอันตรายใส่อาหารได้ ซึ่งนับว่าเป็นอันตรายอย่างมาก

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์สิบลرزของ

อันดับที่	สี	ผู้จำหน่าย	ใช้สำหรับ	สีที่ตรวจพบ
1	สีแดง	ห้างเรียงตาง	ย้อมแพร, กระดาษ, เลื่อ	ออเรนจ์ II
2	สีเขียวอ่อน	ห้างเรียงตาง	ย้อมแพร, กระดาษ, เลื่อ	มาลาโคท กรีน + ออรามิน
3	สีแดงเลือดหมู	ห้างเรียงตาง	ย้อมแพร, กระดาษ, เลื่อ	สีผสมอาหาร (ปองโซ 4 อาร์)
4	สีชมพู	ห้างย้งเจริญ	ย้อมของไตทุกชนิด	โรดามีน ซี
5	สีเหลืองอ่อน	ห้างย้งเจริญ	ย้อมของไตทุกชนิด	ออรามิน
6	สีเหลืองแก่	ห้างกวงเม้ง	ย้อมแพร, กระดาษ, เลื่อ	ออเรนจ์ สีที่
7	สีเหลืองอ่อน	ห้างกวงเม้ง	ย้อมแพร, กระดาษ, เลื่อ	ออรามิน
8	สีเขียวอ่อน	ห้างกวงเม้ง	ย้อมแพร, กระดาษ, เลื่อ	มาลาโคท กรีน + ออรามิน
9	สีชมพู	ห้างกวงเม้ง	ย้อมแพร, กระดาษ, เลื่อ	โรดามีน ซี
10	สีแสด สีหน้ากุง	ห้างกวงเม้ง	ย้อมแพร, กระดาษ, เลื่อ	ออเรนจ์ II
11	สีแดงแก่	ห้างกวงเม้ง	ย้อมแพร, กระดาษ, เลื่อ	สีแดง 2 ชนิดไม่มีใน สีที่ศึกษา + สีผสมอาหาร (ปองโซ 4 อาร์)
12	สีแดง	ห้างกวงเม้ง	ย้อมแพร, กระดาษ, เลื่อ	สีแดง 2 ชนิดไม่มีใน สีที่ศึกษา
13	สีน้ำเงิน	ห้างกวงเม้ง	ย้อมแพร, กระดาษ, เลื่อ	เมทิล ไวโอเลต + สีน้ำเงินไม่มีในสีที่ ศึกษา

#### 4.7 ผลการตรวจวิเคราะห์สีย้อมที่ผสมในลิปสติก

ผลการวิเคราะห์ที่ผสมในลิปสติกด้วยเทคนิคทางเปปเปอร์โครมาโตกราฟีและเทคนิคทางสเปกโตรโฟโตเมตรี แสดงในตารางที่ 11 ซึ่งส่วนใหญ่ไม่สามารถบอกได้ว่าสีลิปสติกเป็นสีอะไรเพราะสีมาตรฐานที่ศึกษามีไม่มากพอ แต่การใช้เทคนิคทางเปปเปอร์โครมาโตกราฟีในการแยกสีที่สกัดได้จากลิปสติกโดยใช้ระบบตัวทำละลาย 12 ชนิดนี้ได้ผลดีพอสมควร และพบว่าลิปสติกประกอบด้วยสี 1-4 ชนิด แต่ในการวิจัยนี้สามารถพิสูจน์ สีลิปสติกได้เพียงชนิดเดียวคือ โรดามีน บี ในลิปสติกสปริงชองเบอร์ 3 และ 6 เท่านั้น ส่วนสีย้อมอื่น ๆ ในลิปสติกไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นสีใดเพราะสีเหล่านี้ไม่ใช่สีหนึ่งสีใดในสีย้อมทั้ง 42 ชนิดที่ทำการศึกษา

สำหรับสีย้อมโรดามีน บี ที่พบในลิปสติกนั้นเป็นสีที่อนุญาตให้ใช้ในเครื่องสำอางได้ (D & C Red No.19) แต่สีย้อมชนิดนี้ก็มีโทษต่อร่างกายดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ตารางที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์สีย้อมในลิปสติก

อันดับ ที่	ลิปสติก	สีที่ตรวจพบ
1	สปริงชอง พลิก 1	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
2	สปริงชอง เบอร์ 3	โรดามีน บี + สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
3	สปริงชอง เบอร์ 6	โรดามีน บี
4	สปริงชอง เบอร์ 15	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
5	สปริงชอง เบอร์ 17	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
6	Petty Calar เบอร์ 115	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
7	Calar	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
8	Moon Fair เบอร์ 302	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
9	Moon Fair เบอร์ 307	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
10	ลยาม เบอร์ 17	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา
11	Juju	สีย้อมไม่มีในสีที่ศึกษา





## ตารางที่ 11 (ต่อ)

อันดับ ที่	ลิปสติก	สีที่ตรวจพบ
12	Avon เบอร์ 285	สีย้อมไม้มีในสีที่ศึกษา
13	Cover girls	สีย้อมไม้มีในสีที่ศึกษา
14	Marry Quant เบอร์ 3	สีย้อมไม้มีในสีที่ศึกษา
15	Pias Lip Cream	สีย้อมไม้มีในสีที่ศึกษา
16	Pias Fruity	สีย้อมไม้มีในสีที่ศึกษา
17	Yardley	สีย้อมไม้มีในสีที่ศึกษา
18	Tell me	สีย้อมไม้มีในสีที่ศึกษา
19	Cupid	สีผสมอาหาร
20	Miss Lady	สีย้อมไม้มีสีที่ศึกษา
21	Antee เบอร์ 2	สีย้อมไม้มีสีที่ศึกษา
22	Oleary	สีย้อมไม้มีสีที่ศึกษา
23	Auchid	สีย้อมไม้มีสีที่ศึกษา
24	Johante เบอร์ 24	สีย้อมไม้มีสีที่ศึกษา
25	Da Da 78 เบอร์ 10	สีย้อมไม้มีสีที่ศึกษา
26	Madame Scodd	สีย้อมไม้มีสีที่ศึกษา
27	D.Sign เบอร์ 3	สีย้อมไม้มีสีที่ศึกษา
28	ชานา เบอร์ 8	สีย้อมไม้มีในสีที่ศึกษา
29	Wann เบอร์ 19	สีผสมอาหาร + สีย้อมไม้มีในสีที่ศึกษา