

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทำแห้งดอกกุหลาบด้วยระบบปั๊มความร้อนเครื่องต้นแบบ

4.1.1 ความชื้นของดอกกุหลาบ

ผลการศึกษาการทำแห้งดอกกุหลาบ 3 สี คือ สีขาว สีแสด และสีชมพู ด้วยระบบปั๊มความร้อน ที่อุณหภูมิ 40-45, 45-50 และ 50-55 องศาเซลเซียส และมี BPA 25%, 50% และ 75% เปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน ผลการทดลองแสดงดังในตารางที่ 4.1 ถึง 4.3 พบว่าดอกกุหลาบอบแห้งสีขาว สีแสด และสีชมพูที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน มีความชื้นเฉลี่ย 11.34%, 11.04% และ 43.24% ตามลำดับ การทำแห้งดอกกุหลาบสีขาวด้วยระบบปั๊มความร้อนที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำแห้ง 40, 45 และ 52.5 ชั่วโมง มีความชื้นเฉลี่ย 11.46-11.49% (ฐานเปียก) ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30, 30 และ 35 ชั่วโมง มีความชื้นเฉลี่ย 11.25-11.35% (ฐานเปียก) และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำแห้ง 25 ชั่วโมง ทั้ง 3 BPA มีความชื้นเฉลี่ย 11.23-11.49% (ฐานเปียก) ในการทำแห้งดอกกุหลาบสีแสดที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำแห้ง 40, 45 และ 50 ชั่วโมง ตามลำดับ มีความชื้นเฉลี่ย 11.24-11.67% (ฐานเปียก) ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำแห้ง 25, 25 และ 30 ชั่วโมง มีความชื้นเฉลี่ย 11.02-11.82% (ฐานเปียก) และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการทำแห้ง 25 ชั่วโมง ทั้ง 3 BPA มีความชื้นเฉลี่ย 11.13-11.25% (ฐานเปียก) ในการทำแห้งดอกกุหลาบสีชมพูที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 35, 40 และ 42.5 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งมีความชื้นเฉลี่ย 42.67-42.81% (ฐานเปียก) ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ใช้เวลาใน 25, 25 และ 30 ชั่วโมง ซึ่งมีความชื้นเฉลี่ย 42.47-42.99% (ฐานเปียก) ที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 20 ชั่วโมง ทั้ง 3 BPA มีความชื้นเฉลี่ย 42.16-43.20% (ฐานเปียก) ผลการทดลองพบว่าดอกกุหลาบสีขาวและสีแสดที่อบแห้งแล้ว มีความชื้นเฉลี่ยใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 11.23%-11.49% และ 11.02%-11.80% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากดอกกุหลาบสีชมพูที่มีความชื้นสูงมาก อยู่ในช่วง 42.16%-43.20% การที่มีความชื้นเหลืออยู่ในดอกกุหลาบแห้งสีชมพูมาก เนื่องจากดอกกุหลาบสีชมพูมีกลีบดอกที่ซ้อนทับกันทำให้ไม่สามารถลดความชื้นลงได้ต่ำเหมือนกับดอกกุหลาบสีขาวและสีแสด

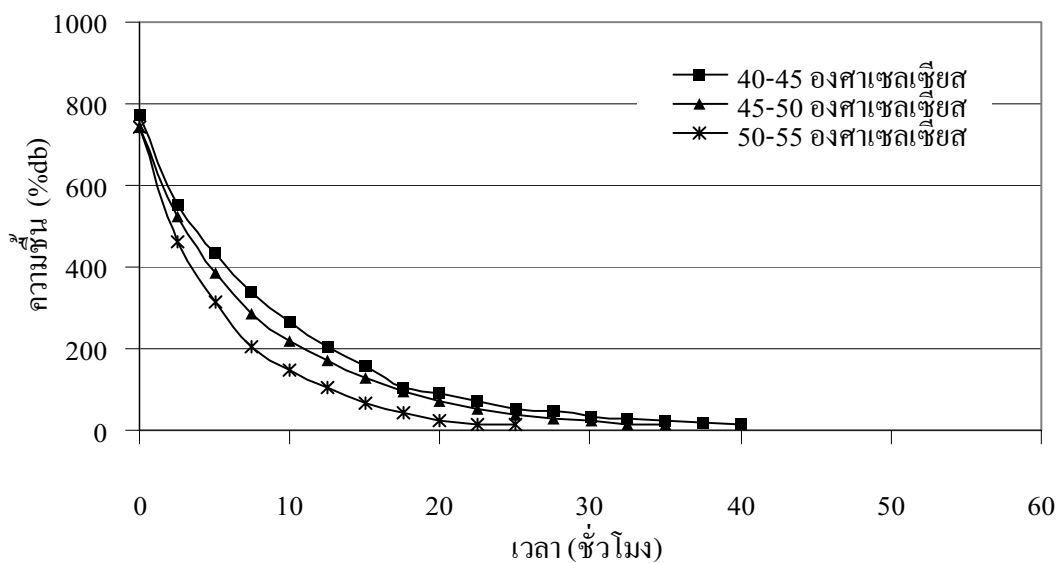
ตารางที่ 4.1 เปรี่อเส้่นดความซึ่น (%ต่อหน้าหนักสด) ของดอกกุหลาบสีขาว ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบบีบความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ และการทำแห้งด้วยซีลิกาเจลดนาน 7 วัน

		ความซึ่น (%ต่อหน้าหนักสด)													
		ระยะเวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)													
อุณหภูมิ	%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	52.5	7 วัน	
BPA															
25	88.54	81.05	72.21	59.94	46.20	33.95	23.97	18.78	11.46	-	-	-	-	-	
40-45 ^๐ ซ	88.15	81.82	73.36	62.53	50.64	38.92	30.03	22.74	16.13	11.49	-	-	-	-	
75	88.95	84.29	78.44	70.87	62.25	52.42	41.81	31.35	22.25	15.05	12.39	11.47	-	-	
25	88.13	79.37	68.87	56.18	41.57	28.21	17.77	11.25	-	-	-	-	-	-	
45-50 ^๐ ซ	88.35	77.40	62.70	54.14	45.20	28.89	1692	11.35	-	-	-	-	-	-	
75	88.42	80.24	71.99	62	50.95	39.79	30.54	22.31	11.25	-	-	-	-	-	
25	88.11	75.70	59.63	39.25	17.78	11.23	-	-	-	-	-	-	-	-	
50-55 ^๐ ซ	87.64	74.93	57.4	31.39	19.27	11.47	-	-	-	-	-	-	-	-	
75	87.87	76.33	62.12	40.77	19.99	11.49	-	-	-	-	-	-	-	-	
ซีลิกาเจลด														11.34	

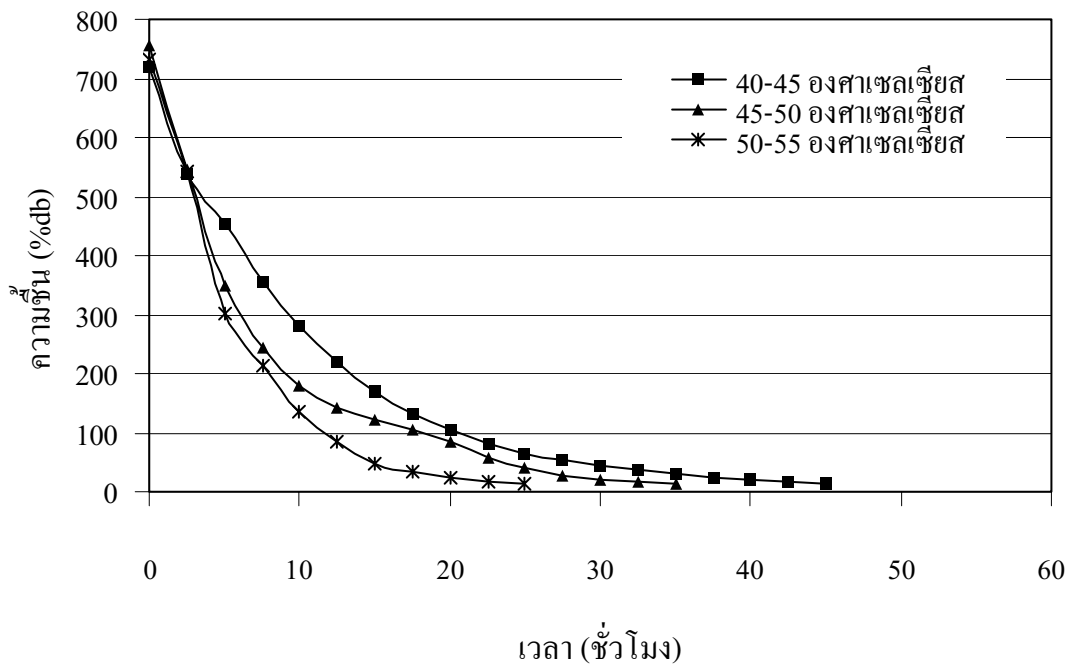
ผลการทดลองในตารางที่ 4.1a แสดงอัตราการอบแห้ง ซึ่งหมายถึงปริมาณน้ำที่ระเหยออกไปต่อหนึ่งชั่วโมง พบว่าดอกกุหลาบสีขาวยุคที่ BPA 25% ที่ทุกอุณหภูมิของการทดลอง มีอัตราการอบแห้งสูงกว่าที่ BPA 50% และ 75% และยังพบว่าที่ BPA เดียวกันในทุกการทดลอง การใช้อุณหภูมิที่ 50-55 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งสูงที่สุด โดยที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้ง เท่ากับ 0.035, 0.032 และ 0.029 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 45-50 มีอัตราการอบแห้ง เท่ากับ 0.045, 0.042 และ 0.036 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้ง เท่ากับ 0.063, 0.060 และ 0.059 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1a) ซึ่งที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งมากที่สุด เพราะที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.1a อัตราการอบแห้งของดอกกุหลาบสีขาว ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนถึงสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง

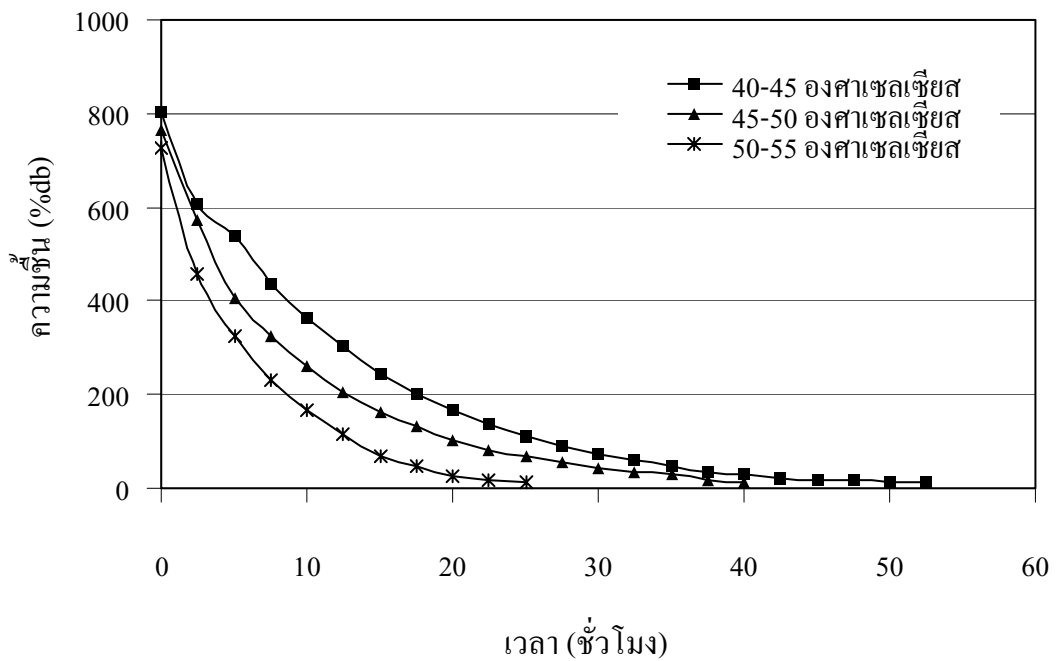
อัตราการอบแห้ง (กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง) ของดอกกุหลาบสีขาว			
อุณหภูมิ	BPA 25%	BPA 50%	BPA 75%
40-45	0.035	0.032	0.029
45-50	0.045	0.042	0.036
50-55	0.063	0.060	0.059



รูปที่ 4.1a กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีขาวยุคที่ BPA 25%



รูปที่ 4.1b กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีขาวที่ BPA 50%



รูปที่ 4.1c กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีขาวที่ BPA 75%

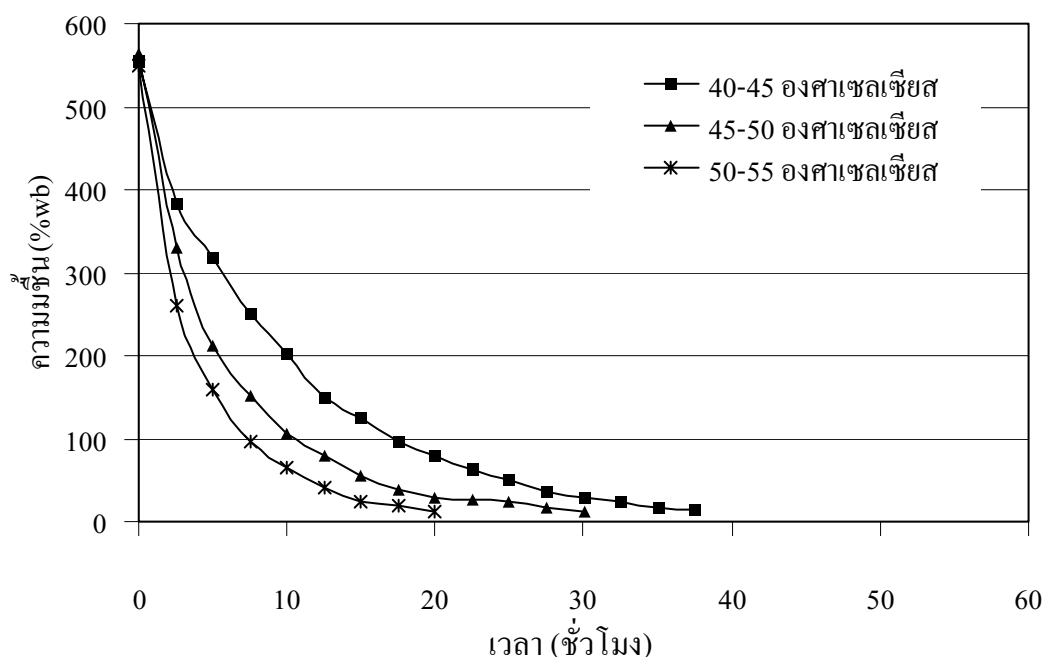
ตารางที่ 4.2 เปรอ์เซ็นตความซึ้น (%ต่อหน้าหนักสด) ของดอกกุหลาบสีเสด ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั้มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ และการทำแห้งด้วยสิติกาเจอนาน 7 วัน

อุณหภูมิ	%	ความซึ้น (%ต่อหน้าหนักสด)													
		ระยะเวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)													
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	7 วัน		
BPA															
25	84.12	75.98	66.67	54.97	43.66	33.37	22.42	14.75	11.67	-	-	-	-	-	-
40-45 ^o ซ	84.46	76.39	67.80	57.27	44.89	32.94	23.29	15.96	13.47	11.24	-	-	-	-	-
75	84.41	77.37	65.10	58.00	48.47	32.88	27.66	23.09	19.13	15.39	11.47	-	-	-	-
25	84.98	67.98	51.22	35.67	21.68	18.69	11.02	-	-	-	-	-	-	-	-
45-50 ^o ซ	82.67	68.50	54.73	37.28	25.25	15.88	11.80	-	-	-	-	-	-	-	-
75	85.21	70.78	57.50	43.25	30.35	19.24	15.16	11.82	-	-	-	-	-	-	-
25	84.57	61.14	39.07	19.03	11.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50-55 ^o ซ	85.94	66.32	42.59	20.98	11.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
75	83.94	63.03	42.62	21.48	11.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สิติกาเจด															11.04

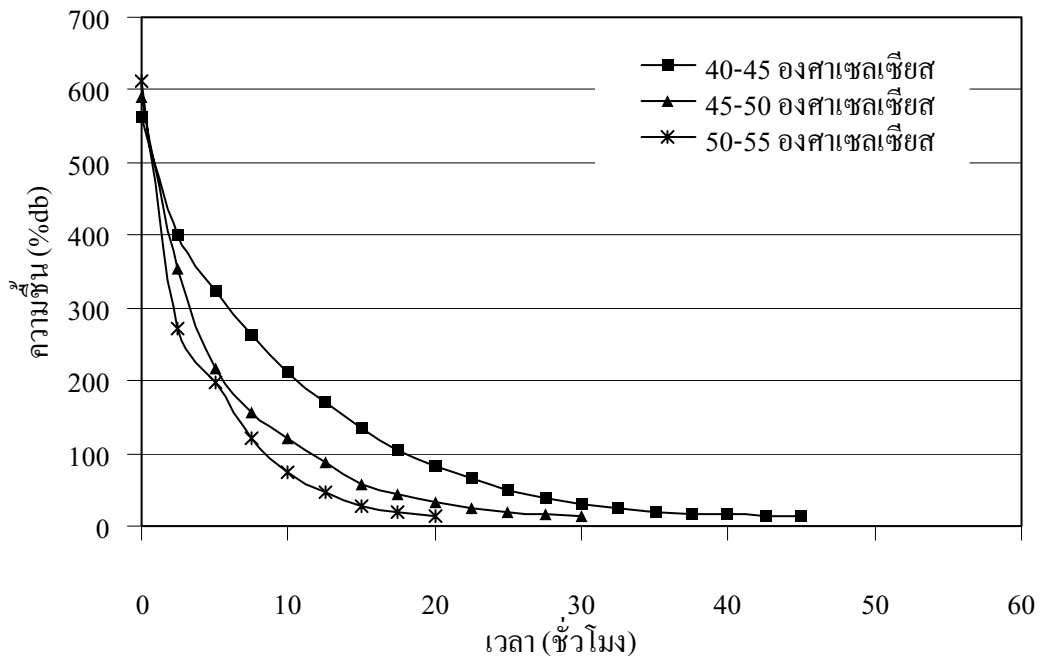
ผลการทดลองพบว่าดอกกุหลาบสีแสดที่ BPA 25% อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่าอัตราการอบแห้งสูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.063 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง และที่ BPA 75% อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่าอัตราการอบแห้งน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.020 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่า การใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้มีอัตราการอบแห้งสูงด้วย

ตารางที่ 4.2a อัตราการอบแห้งของดอกกุหลาบสีแสด ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน ที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนถึงสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง

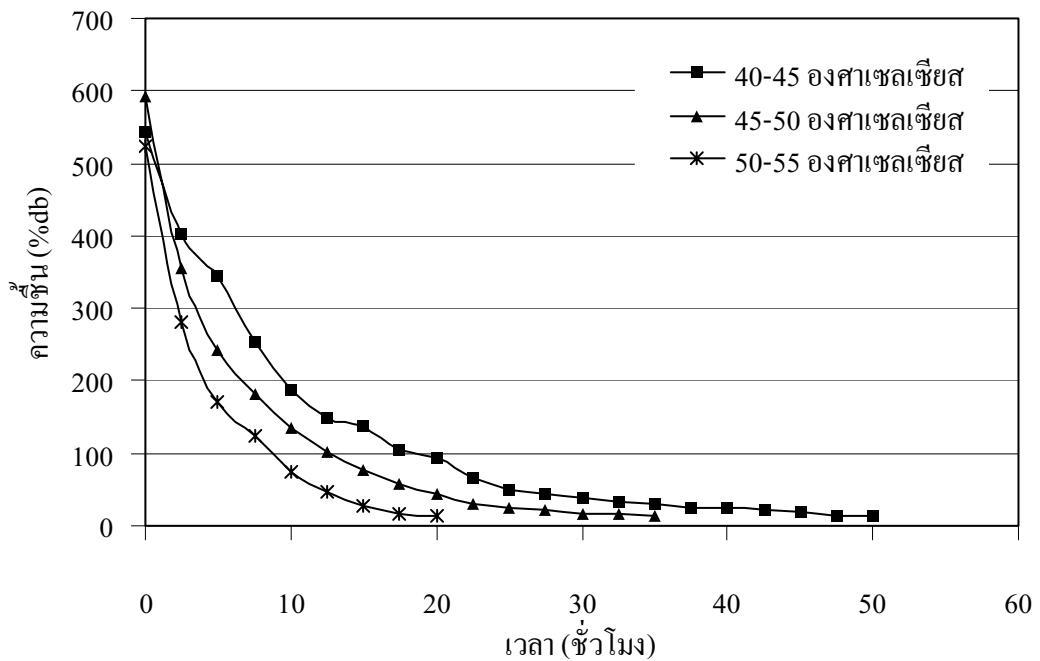
อัตราการอบแห้ง (กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง) ของดอกกุหลาบสีแสด			
อุณหภูมิ	BPA 25%	BPA 50%	BPA 75%
40-45	0.026	0.023	0.020
45-50	0.041	0.038	0.032
50-55	0.063	0.060	0.056



รูปที่ 4.2a กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน ของดอกกุหลาบสีแสดที่ BPA 25%



รูปที่ 4.2b กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีแสดที่ BPA 50%



รูปที่ 4.2c กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีแสดที่ BPA 75%

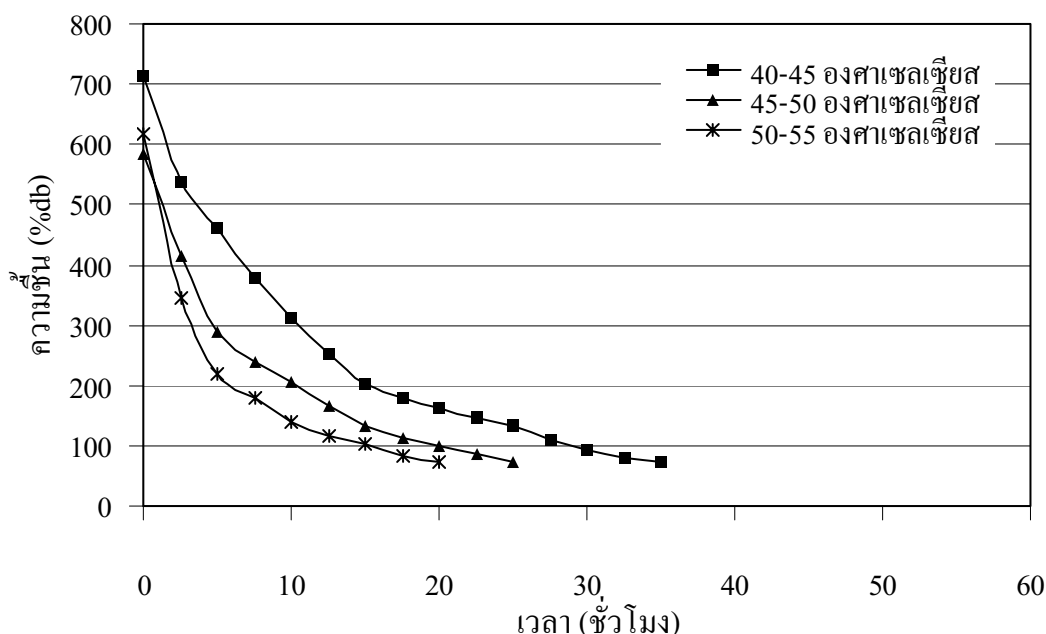
ตารางที่ 4.3 เปรี่เซ่นค่าความชื้น (%ต่อน้ำหนักสด) ของดอกกุหลาบสีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ และการทำแห้งด้วยวิธีการเจนนาน 7 วัน

		ความชื้น (%ต่อน้ำหนักสด)													
		ระยะเวลาในการอบแห้ง (ชั่วโมง)													
อุณหภูมิ	% BPA	0	5	10	15	20	25	30	35	40	42.5	45	50	55	7 วัน
	25	87.72	82.15	75.65	66.72	62.04	56.99	48.25	42.67	-	-	-	-	-	-
	50	86.82	82.14	77.08	70.69	64.19	57.94	53.52	46.54	42.74	-	-	-	-	-
	75	87.21	83.28	79.19	74.07	68.37	62.09	55.93	50.22	45.41	42.81	-	-	-	-
	25	84.01	74.21	67.21	57.25	49.78	42.47	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	83.29	74.76	65.96	58.92	50.10	43.99	-	-	-	-	-	-	-	-
	75	87.64	80.21	72.59	65.03	57.66	50.32	42.39	-	-	-	-	-	-	-
	25	86.07	68.36	57.96	50.51	42.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	50	84.91	67.61	57.21	49.83	42.78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	75	86.05	70.95	57.53	50.13	43.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ชั้ติกาเจด		43.24													

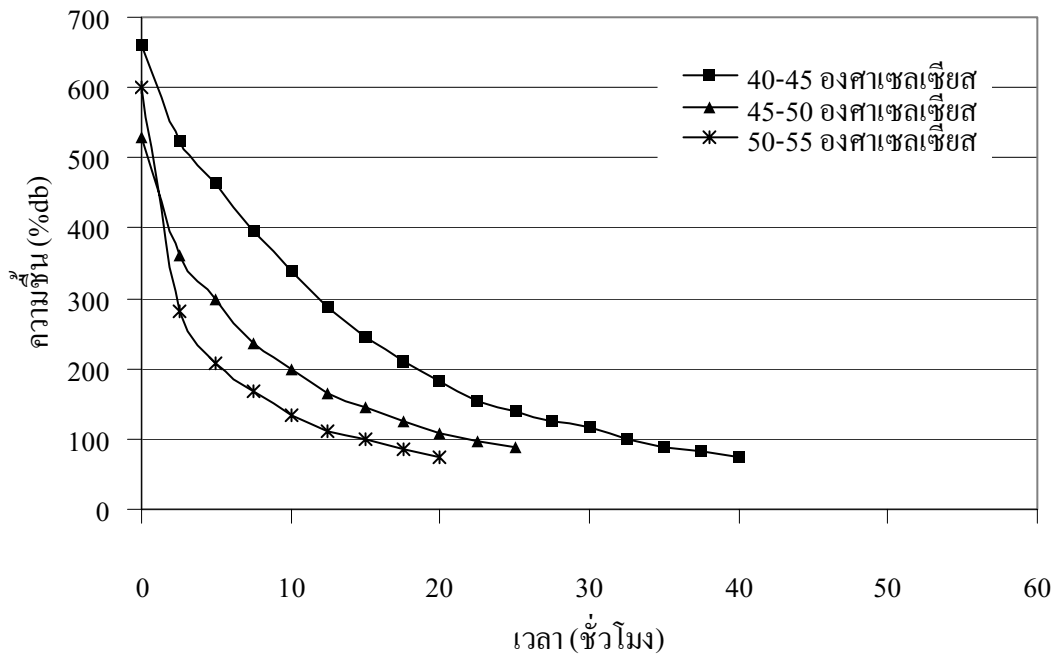
ผลการทดลองพบว่าดอกกุหลาบสีชมพูที่ BPA 25% อุณหภูมิ 50-55, 45-50 และ 40-45 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้ง เท่ากับ 0.060, 0.046 และ 0.034 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% มีค่าอัตราการอบแห้ง เท่ากับ 0.034, 0.031 และ 0.030 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่ BPA 25% มีอัตราการอบแห้งสูงกว่าที่ BPA 50% และ 75% ทุกอุณหภูมิของการทดลอง

ตารางที่ 4.3a อัตราการอบแห้งของดอกกุหลาบสีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่ อุณหภูมิและ BPA ต่างๆจนถึงสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง

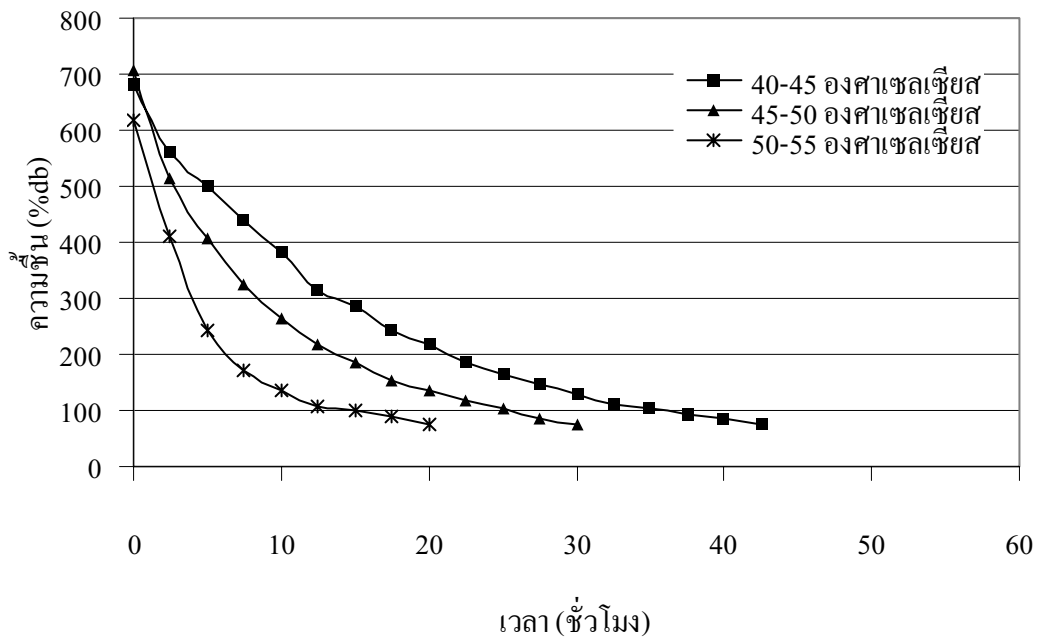
อัตราการอบแห้ง (กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง) ของดอกกุหลาบสีชมพู			
อุณหภูมิ	BPA 25%	BPA 50%	BPA 75%
40-45	0.034	0.031	0.030
45-50	0.046	0.041	0.038
50-55	0.060	0.052	0.049



รูปที่ 4.3a กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีชมพูที่ BPA 25%



รูปที่ 4.3b กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีชมพูที่ BPA 50%



รูปที่ 4.3c กราฟแสดงอัตราการอบแห้งในระหว่างการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนของดอกกุหลาบสีชมพูที่ BPA 75%

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกกุหลาบอบแห้ง

ก. ดอกกุหลาบสีขาว

ผลการศึกษาค่า L^* ซึ่งแสดงถึงความมืดคล้ำของสีกลีบดอกกุหลาบอบแห้ง ผลการทดลองเปรียบเทียบสีของกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน พบว่ากลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่า L^* มากที่สุด เท่ากับ 68.78 (ตารางที่ 4.4) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบสีขาวที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน ที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% ซึ่งมีค่า L^* เท่ากับ 62.76, 63.44 และ 63.40 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) ในการอบแห้งที่ทุกการทดลองพบว่าค่า L^* มีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้กลีบดอกกุหลาบมีสีมืดคล้ำมากขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ค่า L^* ลดลงมากกว่าที่อุณหภูมิอื่นๆ และมีสีมืดคล้ำแตกต่างจากการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล

ส่วนค่า C^* คือค่าความเข้มของสีที่แท้จริงของกลีบดอกกุหลาบ พบว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า C^* เท่ากับ 40.30 (ตารางที่ 4.4) โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน ที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 50-55, 45-50 และ 40-45 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า C^* เท่ากับ 50.44, 51.14, 51.10, 50.76, 51.06, 51.42, 58.72, 58.22 และ 59.30 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) การเปลี่ยนแปลงของค่า C^* ของกลีบดอกกุหลาบมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการทำแห้งมากขึ้น โดยค่า C^* ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่าสูงสุด โดยค่า C^* ที่เพิ่มมากขึ้นแสดงให้เห็นว่ากลีบดอกกุหลาบมีสีเหลืองเข้มขึ้น และพบว่าค่า C^* มีแนวโน้มสูงขึ้นจากก่อนการทำแห้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีผลทำให้สีของดอกกุหลาบมีสีแดงเข้มมากขึ้น

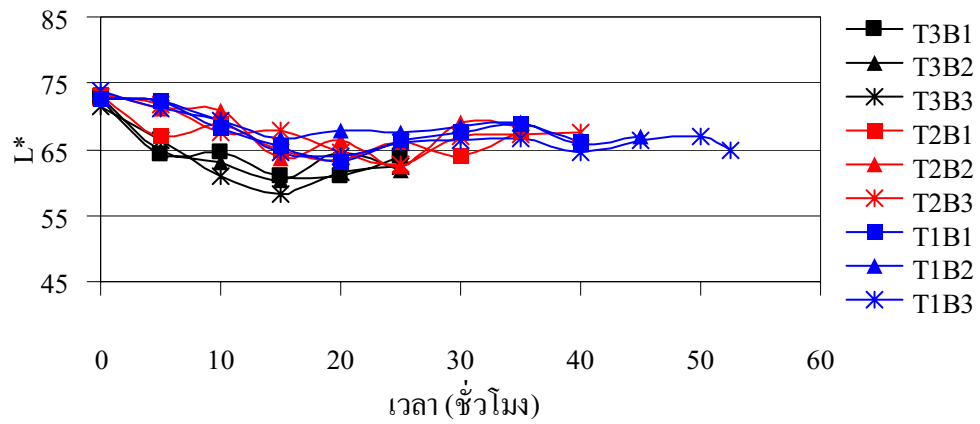
ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีขาว ในการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า h° เท่ากับ 88.72 (ตารางที่ 4.4) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% ซึ่งมีค่า h° เท่ากับ 83.20, 83.40 และ 83.68 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) เมื่อเปรียบเทียบค่า h° ที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ กับค่า h° ที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล พบว่า ที่อุณหภูมิ 40-45 และ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่า h° ใกล้เคียงกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล ซึ่งมีค่า h° อยู่ในช่วง 87.50-89.16 และมีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้สีของดอกกุหลาบมีสีเข้มมากขึ้น

จากผลการทดลองพบว่าการใช้อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ที่ BPA 25%, 50% และ 75% ทำให้ดอกกุหลาบสีขาวแห้งมีคุณภาพสีที่ใกล้เคียงกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมากที่สุด

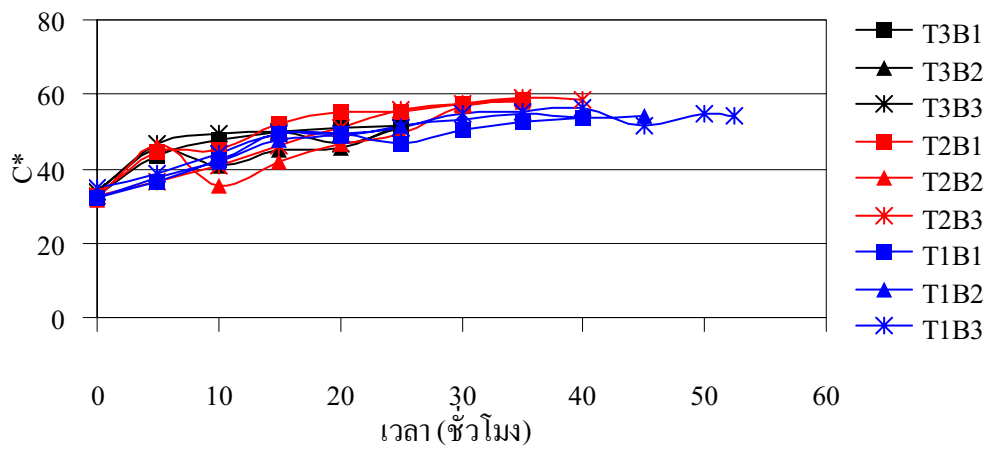
ตารางที่ 4.4 ค่าสีของดอกกุหลาบสีขาว่า ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน

กรรมวิธี	ค่าสีของดอกกุหลาบสีขาว่า				
	L*	a*	b*	C*	h°
ดอกกุหลาบสีขาวสด	72.42a	0.57d	33.28d	33.29d	87.50a
อุณหภูมิ 40-45°ซ นาน 40 ชั่วโมง	68.56b	1.28c	50.44b	50.44b	88.10a
อุณหภูมิ 40-45°ซ นาน 45 ชั่วโมง	68.62b	0.84cd	51.10b	51.14b	89.16a
อุณหภูมิ 40-45°ซ นาน 52.5 ชั่วโมง	68.38b	1.02cd	50.84b	51.10b	88.88a
อุณหภูมิ 45-50°ซ นาน 35 ชั่วโมง	68.76b	1.08cd	50.66b	50.76b	88.18a
อุณหภูมิ 45-50°ซ นาน 35 ชั่วโมง	68.76b	1.20cd	50.96b	51.06b	88.08a
อุณหภูมิ 45-50°ซ นาน 40 ชั่วโมง	68.52b	1.00cd	51.31b	51.42b	89.02a
อุณหภูมิ 50-55°ซ นาน 25 ชั่วโมง	62.76c	6.06a	58.62a	58.72a	83.20b
อุณหภูมิ 50-55°ซ นาน 25 ชั่วโมง	63.44c	4.92b	58.12a	58.22a	83.40b
อุณหภูมิ 50-55°ซ นาน 25 ชั่วโมง	63.40c	5.64ab	59.22a	59.30a	83.68b
ใช้ซิลิกาเจล นาน 7 วัน	68.78b	0.90cd	40.24c	40.30c	88.72a
CV(%)	1.03	32.77	2.89	2.85	1.06

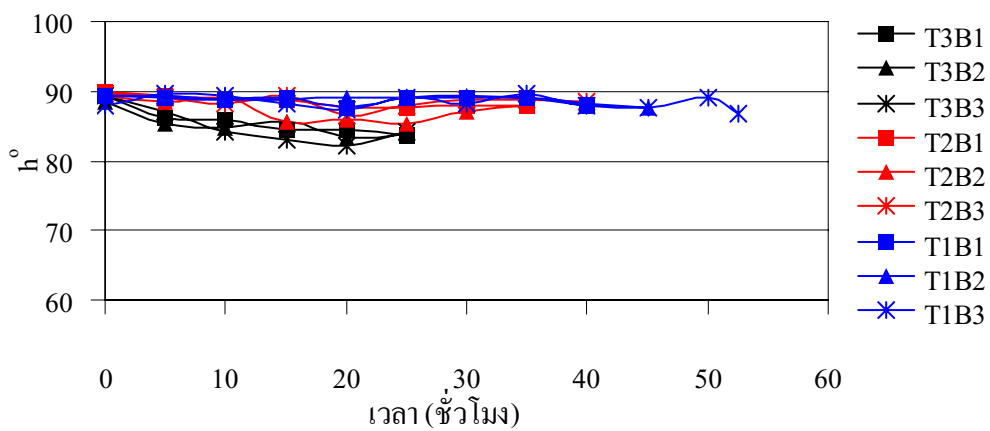
หมายเหตุ อักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.4a ค่า L^* ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน



รูปที่ 4.4b ค่า C^* ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน



รูปที่ 4.4c ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน

หมายเหตุ T1, T2, T3 คือ 40-45°C, 45-50°C, 50-55°C, B1, B2, B3 คือ BPA 25%, BPA 50%, BPA 75%

ข. ดอกกุหลาบสีแสด

การเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของกลีบดอกกุหลาบสีแสด พบว่าดอกกุหลาบสีแสดที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า L^* เท่ากับ 27.34 (ตารางที่ 4.5) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบสีแสดที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน ที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% ซึ่งมีค่า L^* เท่ากับ 23.14, 23.24 และ 23.14 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) กลีบดอกกุหลาบสีแสดอบแห้งที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 และ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่า L^* ใกล้เคียงกับกลีบดอกกุหลาบสีแสดที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่า L^* เท่ากับ 26.44, 26.80 และ 26.66 และที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่า L^* เท่ากับ 26.50, 27.00 และ 26.70 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่า L^* ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการใช้อุณหภูมิสูงในการทำแห้งจะทำให้ดอกกุหลาบสีแสดมีสีคล้ำมากขึ้น

ค่า C^* คือค่าความเข้มของสีที่แท้จริงของกลีบดอกกุหลาบอบแห้ง โดยการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลและการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% มีค่า C^* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) โดยการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่า C^* เท่ากับ 81.48 และ ที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% มีค่า C^* เท่ากับ 79.24, 79.38 และ 79.24 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 40-45 มีค่า C^* เท่ากับ 80.68, 80.60 และ 80.52 และอุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่า C^* เท่ากับ 81.46, 81.92 และ 81.70 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล แสดงว่ากลีบดอกกุหลาบสีแสดที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 40-45 และที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีความเข้มของสีแดงมากกว่าที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส

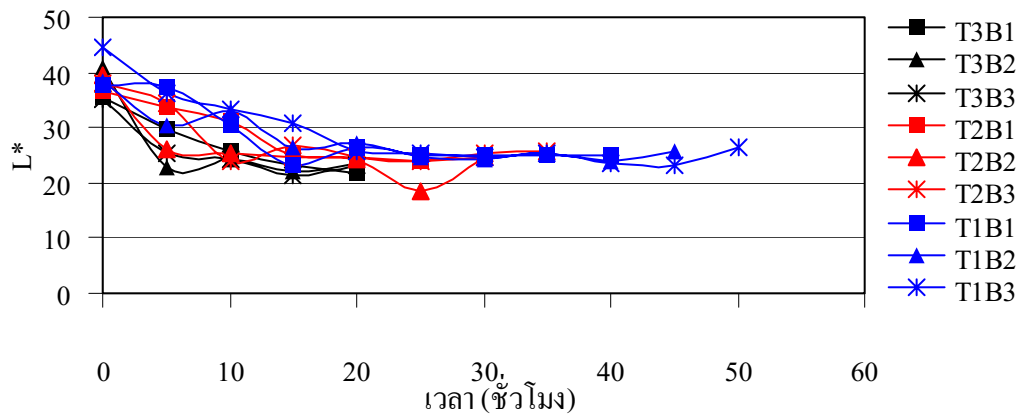
การเปลี่ยนแปลงค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% ซึ่งการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า h° เท่ากับ 31.84 และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% มีค่า h° เท่ากับ 29.08, 29.52 และ 29.00 ตามลำดับ แต่การทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า h° ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่า h° เท่ากับ 32.02, 31.06 และ 31.66 และที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่า h° เท่ากับ 31.48, 31.54 และ 31.68 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)

จากผลการทดลองพบว่าการใช้อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ที่ BPA 25%, 50% และ 75% ทำให้ดอกกุหลาบสีแสดอบแห้งมีคุณภาพสีที่ใกล้เคียงกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมากที่สุด

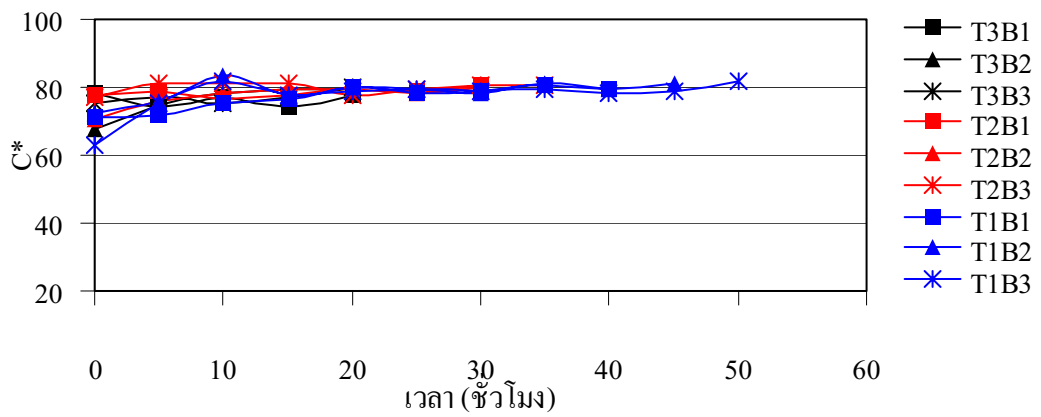
ตารางที่ 4.5 ค่าสีของดอกกุหลาบสีแสด ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบบีบความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน

กรรมวิธี	ค่าสีของดอกกุหลาบสีแสด				
	L*	a*	b*	C*	h°
ดอกกุหลาบสีแสดสด	36.71a	60.04d	44.94a	75.06d	36.76a
อุณหภูมิ 40-45°ซ นาน 40 ชั่วโมง	26.44b	68.80b	42.32b	80.68ab	32.02bc
อุณหภูมิ 40-45°ซ นาน 45 ชั่วโมง	26.80b	68.76b	41.90b	80.60ab	31.36b
อุณหภูมิ 40-45°ซ นาน 52.5 ชั่วโมง	26.66b	68.74b	41.36b	80.52ab	31.66b
อุณหภูมิ 45-50°ซ นาน 35 ชั่วโมง	26.50b	69.16b	44.24ab	81.46ab	31.48b
อุณหภูมิ 45-50°ซ นาน 35 ชั่วโมง	27.00b	69.08b	43.60ab	81.92a	31.54b
อุณหภูมิ 45-50°ซ นาน 40 ชั่วโมง	26.70b	69.16b	43.84ab	81.70ab	31.68b
อุณหภูมิ 50-55°ซ นาน 25 ชั่วโมง	23.14c	70.02a	36.58c	79.24c	29.08d
อุณหภูมิ 50-55°ซ นาน 25 ชั่วโมง	23.24c	70.56a	36.52c	79.38c	29.52cd
อุณหภูมิ 50-55°ซ นาน 25 ชั่วโมง	23.14c	70.50a	36.36c	79.24c	29.00d
ใช้ซิลิกาเจล นาน 7 วัน	27.34b	66.30c	43.30ab	81.48ab	31.84b
CV(%)	3.89	1.57	5.58	2.45	4.53

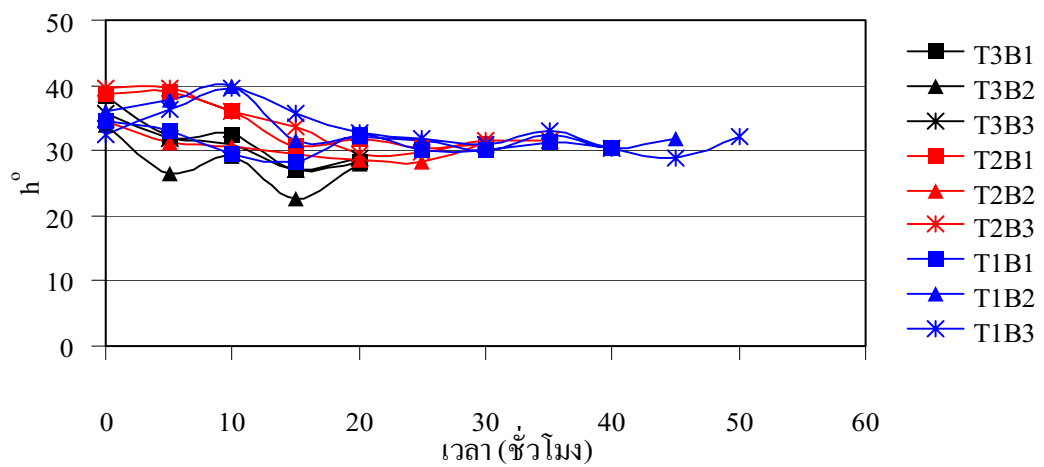
หมายเหตุ อักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.5a ค่า L^* ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน



รูปที่ 4.5b ค่า C^* ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน



รูปที่ 4.5c ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน

หมายเหตุ T1, T2, T3 คือ 40-45°C, 45-50°C, 50-55°C, B1, B2, B3 คือ BPA 25%, BPA 50%, BPA 75%

ค. ดอกกุหลาบสีชมพู

ผลการศึกษาค่า L^* ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพู ที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน พบว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า L^* เท่ากับ 30.56 (ตารางที่ 4.6) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน ที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 50-55, 45-50 และที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส โดยกลีบดอกกุหลาบที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่า L^* เท่ากับ 19.98, 20.10 และ 19.43 ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่า L^* เท่ากับ 20.02, 20.54 และ 20.64 และที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่า L^* เท่ากับ 19.20, 19.32 และ 19.82 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่า L^* ของกลีบดอกกุหลาบที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส กับค่า L^* ของดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล พบว่าที่อุณหภูมิ 50-55, 45-50 และที่ 40-45 องศาเซลเซียสมีค่า L^* น้อยกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลแสดงว่าดอกกุหลาบสีชมพูอบแห้งมีสีคล้ำลง

การเปลี่ยนแปลงค่า C^* ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน ที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส โดยกลีบดอกกุหลาบสีชมพูในการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่า C^* เท่ากับ 63.64 ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่า C^* เท่ากับ 70.82, 68.94 และ 69.02 ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่า C^* เท่ากับ 70.44, 73.40 และ 73.44 และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่า C^* เท่ากับ 71.06, 71.82 และ 72.68 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) โดยค่า C^* ของกลีบดอกกุหลาบอบแห้งที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่า C^* สูงสุด รองลงมาคือกลีบดอกกุหลาบอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีผลต่อค่า C^* ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพู คือการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงทำให้กลีบดอกกุหลาบอบแห้งมีสีชมพูเข้มมากขึ้น

สำหรับค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า h° เท่ากับ 31.84 (ตารางที่ 4.6) ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสีของกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส BPA 25% ซึ่งมีค่า h° เท่ากับ 15.60 แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส BPA 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% และที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% โดยที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส BPA 50% และ 75% มีค่า h° เท่ากับ 16.86 และ 17.10 ที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 องศา

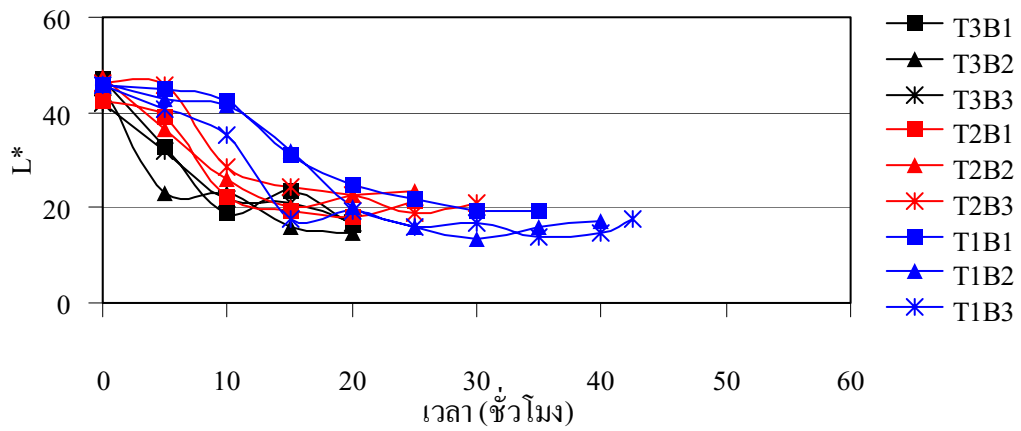
เซลเซียส มีค่า h° เท่ากับ 20.72, 20.12 และ 20.80 และ ที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่า h° เท่ากับ 19.76, 19.68 และ 20.40 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) เมื่อเปรียบเทียบค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 40-45, 45-50 และ 50-55 องศาเซลเซียส กับค่า h° ที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล พบว่า ที่อุณหภูมิ 40-45, 45-50 และ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่า h° สูงกว่ากลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล แสดงให้เห็นว่ากลีบดอกกุหลาบมีสีชมพูเข้มมากขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่า h° สูงที่สุด

จากผลการทดลองพบว่าที่ทุกอุณหภูมิของการทดลองอบแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน จะทำให้ดอกกุหลาบสีชมพูอบแห้งมีสีที่เข้มมากกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลอย่างชัดเจน โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ดอกกุหลาบสีชมพูแห้งมีคุณภาพสีที่ใกล้เคียงกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมากที่สุด

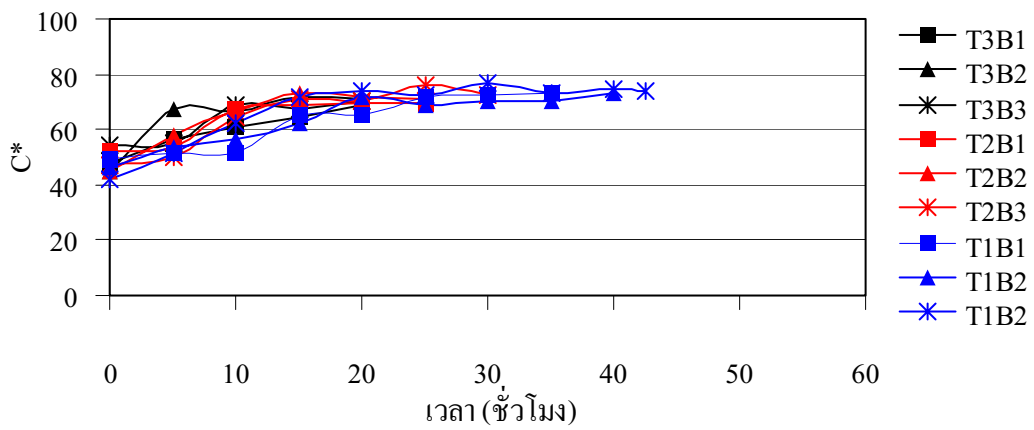
ตารางที่ 4.6 ค่าสีของดอกกุหลาบสีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบบีบความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนถึงสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิกลิกาเจลดานาน 7 วัน

กรรมวิธี	ค่าสีของดอกกุหลาบสีชมพู			
	L*	a*	b*	hue
ดอกกุหลาบสีชมพูสด	36.79a	61.10e	43.88a	75.36a
อุณหภูมิ 40-45 °ซ BPA 25% นาน 40 ชั่วโมง	19.20c	68.70a	22.48bc	70.82cd
อุณหภูมิ 40-45 °ซ BPA 50% นาน 45 ชั่วโมง	19.32c	65.86bc	20.14cd	68.94d
อุณหภูมิ 40-45 °ซ BPA 75% นาน 52.5 ชั่วโมง	19.82c	65.26cd	22.28bc	69.02d
อุณหภูมิ 45-50 °ซ BPA 25% นาน 35 ชั่วโมง	20.02c	65.52cd	22.58bc	70.44cd
อุณหภูมิ 45-50 °ซ BPA 50% นาน 35 ชั่วโมง	20.54c	68.58a	26.06b	73.40ab
อุณหภูมิ 45-50 °ซ BPA 75% นาน 40 ชั่วโมง	20.64c	68.82a	25.58b	73.44ab
อุณหภูมิ 50-55 °ซ BPA 25% นาน 25 ชั่วโมง	19.98c	68.84a	17.14de	71.06bc
อุณหภูมิ 50-55 °ซ BPA 50% นาน 25 ชั่วโมง	20.10c	68.24a	22.32bc	71.82bc
อุณหภูมิ 50-55 °ซ BPA 75% นาน 25 ชั่วโมง	19.43c	67.40ab	26.36b	72.68bc
ใช้ซิกลิกาเจลด นาน 7 วัน	30.56b	63.72.d	14.60e	63.64e
CV(%)	6.21	2.15	16.77	2.83

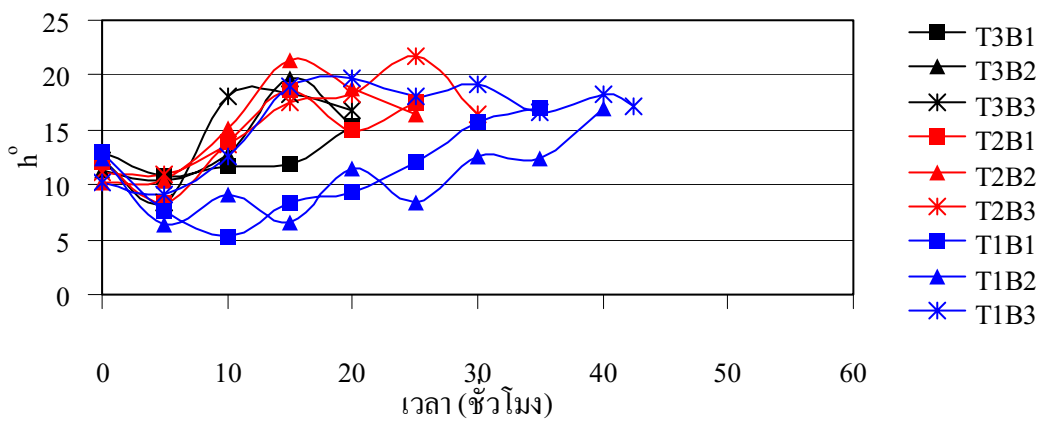
หมายเหตุ อักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.6a ค่า L^* ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน



รูปที่ 4.6b ค่า C^* ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน



รูปที่ 4.6c ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน

หมายเหตุ T1, T2, T3 คือ 40-45°C, 45-50°C, 50-55°C, B1, B2, B3 คือ BPA 25%, BPA 50%, BPA 75%

4.1.3 ค่า a_w ของดอกกุหลาบแห้ง

ผลการทดลองวัดค่า a_w ของดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน พบว่าดอกกุหลาบสีขาวที่ผ่านการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า a_w เท่ากับ 0.331 (ตารางที่ 4.7) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับดอกกุหลาบสีขาวที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน ที่ BPA 25%, 50% และ 75% โดยที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่า a_w เท่ากับ 0.280, 0.286 และ 0.290 และที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่า a_w เท่ากับ 0.349, 0.360 และ 0.366 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) แต่การทำแห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่า a_w ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า a_w ของดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% ซึ่งมีค่า a_w เท่ากับ 0.329, 0.338 และ 0.342 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) ผลการศึกษาพบว่าในการทำแห้งที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีผลทำให้ค่า a_w ของดอกกุหลาบอบแห้งลดลง เพราะอุณหภูมิที่สูงขึ้นช่วยเร่งให้น้ำอิสระระเหยออกไปได้มากขึ้น จึงส่งผลให้ดอกกุหลาบที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่า a_w ลดลงมากที่สุด

สำหรับดอกกุหลาบสีแสด ที่ผ่านการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่า a_w เท่ากับ 0.341 (ตารางที่ 4.7) ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับดอกกุหลาบสีแสดที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% โดยมีค่า a_w เท่ากับ 0.345, 0.347 และ 0.349 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 และ 50-55 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่า a_w เท่ากับ 0.367, 0.378 และ 0.381 และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่า a_w เท่ากับ 0.283, 0.303 และ 0.304 เมื่อเปรียบเทียบกับค่า a_w ที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ที่มีค่า a_w ของดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล พบว่าที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่า a_w ใกล้เคียงกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล และพบว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำมีผลทำให้ดอกกุหลาบแห้งมีค่า a_w สูง ซึ่งจะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่า a_w สูงที่สุด

ส่วนดอกกุหลาบสีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า a_w เท่ากับ 0.598 (ตารางที่ 4.7) ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 และ 45-50 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่า a_w เท่ากับ 0.611, 0.617 และ 0.644 และที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่า a_w เท่ากับ 0.578, 0.593 และ 0.616 แต่ดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่า a_w แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับดอกกุหลาบที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส BPA 25%, 50% และ 75% ซึ่งมีค่า a_w เท่ากับ 0.534, 0.549

และ 0.537 เมื่อเปรียบเทียบค่า a_w ของดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน และพบว่าที่ อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่า a_w ต่ำที่สุด และที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียสมีค่า a_w สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่ใช้ทำแห้งมีผลต่อการลดลงของค่า a_w ในดอกกุหลาบสีชมพู เพราะที่ อุณหภูมิสูงขึ้นจะช่วยให้ปริมาณน้ำที่เป็นอิสระสามารถระเหยออกไปได้เพิ่มมากขึ้น และจากผล การทดลองจะพบว่าดอกกุหลาบสีชมพูมีค่า a_w สูงกว่าดอกกุหลาบสีขาวและสีแสด เพราะดอก กุหลาบสีชมพูมีความชื้นที่สูงกว่าดอกกุหลาบสีขาวและสีแสด จึงส่งผลให้ดอกกุหลาบสีชมพู อบแห้งมีค่า a_w สูงกว่าดอกกุหลาบสีขาวและสีแสดอบแห้ง

ตารางที่ 4.7 ค่า a_w ของดอกกุหลาบ ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนถึงสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วย ซิลิกาเจลนาน 7 วัน

อุณหภูมิ	กรรมวิธี	ค่า a_w ของดอกกุหลาบ		
		ดอกสีขาว	ดอกสีแสด	ดอกสีชมพู
40-45°ซ	BPA 25% นาน 40 ชั่วโมง	0.349ab	0.367ab	0.611ab
	BPA 50% นาน 45 ชั่วโมง	0.360a	0.378a	0.617ab
	BPA 75% นาน 52.5 ชั่วโมง	0.366a	0.381a	0.644b
45-50°ซ	BPA 25% นาน 35 ชั่วโมง	0.329c	0.345c	0.578ab
	BPA 50% นาน 35 ชั่วโมง	0.338bc	0.347bc	0.593ab
	BPA 75% นาน 40 ชั่วโมง	0.342bc	0.349bc	0.616ab
50-55°ซ	BPA 25% นาน 25 ชั่วโมง	0.280d	0.283e	0.538c
	BPA 50% นาน 25 ชั่วโมง	0.286d	0.303d	0.549c
	BPA 75% นาน 25 ชั่วโมง	0.290d	0.304d	0.537c
ใช้ซิลิกาเจล นาน 7 วัน		0.331c	0.341c	0.598ab
CV(%)		3.65	3.89	8.41

หมายเหตุ อักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.4 ค่าแรงด้านการดึงของกลีบดอกกุหลาบ

ผลการทดลองหาค่าแรงด้านการดึงของกลีบดอกกุหลาบ ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั่นความร้อน และการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน พบว่ากลีบดอกกุหลาบสีขาวที่ผ่านการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 1.13 นิวตัน ดอกกุหลาบสีขาวที่ผ่านการทำแห้ง ที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 มีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 1.16, 1.13 และ 1.04 นิวตัน ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 1.17, 1.04 และ 1.16 นิวตัน และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 1.05, 1.19 และ 1.04 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) (ตารางที่ 4.8)

สำหรับดอกกุหลาบสีแสด ที่ผ่านการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 1.40 นิวตัน (ตารางที่ 4.8) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ ที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45, 45-50 และ 50-55 องศาเซลเซียส โดยดอกกุหลาบที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 1.35, 1.29 และ 1.31 นิวตัน ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 1.49, 1.38 และ 1.08 นิวตัน และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 1.13, 1.74 และ 1.54 นิวตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

ส่วนค่าแรงด้านการดึงของดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 2.18 นิวตัน เปรียบเทียบกับค่าแรงด้านการดึงของดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบปั่นความร้อน ที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส มีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 2.07, 1.88 และ 2.10 นิวตัน ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 2.29, 2.03 และ 2.23 นิวตัน และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส มีค่าแรงด้านการดึง เท่ากับ 1.67, 1.64 และ 1.59 นิวตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$)

ค่าแรงด้านการดึงเป็นค่าที่ชี้บ่งถึงความแข็งแรงต่อการหลุดร่วงของกลีบดอกกุหลาบอบแห้ง ซึ่งถ้ากลีบดอกกุหลาบแห้งมีค่าแรงด้านการดึงสูง จะทำให้กลีบดอกกุหลาบมีความแข็งแรง และกลีบดอกกุหลาบจะหลุดออกจากฐานดอกได้ยากด้วย จัดเป็นดอกกุหลาบอบแห้งที่มีคุณภาพดี

ตารางที่ 4.8 ค่าแรงต้านการดึงของกลีบดอกกุหลาบ ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่ อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำ แห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน

กรรมวิธี	ค่าแรงต้านการดึงของดอกกุหลาบ (นิวตัน)		
	ดอกสีขาว	ดอกสีแสด	ดอกสีชมพู
อุณหภูมิ 40-45°ซ BPA 25% นาน 40 ชั่วโมง	1.16a	1.35a	2.07a
อุณหภูมิ 40-45°ซ BPA 50% นาน 45 ชั่วโมง	1.13a	1.29a	1.88a
อุณหภูมิ 40-45°ซ BPA 75% นาน 52.5 ชั่วโมง	1.04a	1.31a	2.10a
อุณหภูมิ 45-50°ซ BPA 25% นาน 35 ชั่วโมง	1.17a	1.49a	2.29a
อุณหภูมิ 45-50°ซ BPA 50% นาน 35 ชั่วโมง	1.04a	1.38a	2.03a
อุณหภูมิ 45-50°ซ BPA 75% นาน 40 ชั่วโมง	1.16a	1.08a	2.23a
อุณหภูมิ 50-55°ซ BPA 25% นาน 25 ชั่วโมง	1.05a	1.13a	1.67a
อุณหภูมิ 50-55°ซ BPA 50% นาน 25 ชั่วโมง	1.10a	1.74a	1.64a
อุณหภูมิ 50-55°ซ BPA 75% นาน 25 ชั่วโมง	1.04a	1.54a	1.59a
ใช้ซิลิกาเจล นาน 7 วัน	1.13a	1.40a	2.18a
CV(%)	28.21	29.10	26.30

หมายเหตุ อักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.5 การประเมินคุณภาพของดอกกุหลาบอบแห้งด้วยลักษณะปรากฏภายนอก

ผลการประเมินคุณภาพโดยใช้ลักษณะปรากฏภายนอกของดอกกุหลาบสีขาวที่ผ่านการทำ แห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน พบว่าผู้ประเมินให้ คะแนนดอกกุหลาบสีขาวที่ผ่านการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล เท่ากับ 8.41 (ตารางที่ 4.9) เมื่อ เปรียบเทียบกับดอกกุหลาบอบแห้งที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 ได้คะแนน เท่ากับ 6.88, 6.83 และ 6.84 ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ได้คะแนน เท่ากับ 7.10, 7.14 และ 7.16 และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ได้คะแนน เท่ากับ 5.02, 4.96 และ 5.04 ตามลำดับ (ตาราง ที่ 4.9) โดยพบว่าดอกกุหลาบสีขาวที่อบแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนมีลักษณะเหยี่ยว่นเล็กน้อย เมื่อ

เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล ซึ่งทำให้ได้คะแนนต่ำกว่าดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$)

สำหรับดอกกุหลาบสีแสด พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนดอกกุหลาบสีแสดที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล เท่ากับ 8.51 เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ได้คะแนน เท่ากับ 6.78, 6.80 และ 6.79 ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ได้คะแนน เท่ากับ 7.34, 7.61 และ 7.66 และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ได้คะแนน เท่ากับ 6.05, 6.06 และ 5.94 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) ซึ่งได้คะแนนที่ต่ำกว่าดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$)

ส่วนดอกกุหลาบสีชมพู พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล เท่ากับ 8.14 (ตารางที่ 4.10) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45, 45-50 และ 50-55 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ได้คะแนน เท่ากับ 6.81, 6.76 และ 6.78 ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ได้คะแนน เท่ากับ 7.16, 6.96 และ 6.86 และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ได้คะแนน เท่ากับ 4.69, 5.03 และ 4.96 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) โดยพบว่าสีของดอกกุหลาบสีชมพูมีสีน้ำตาลบริเวณขอบกลีบดอกกุหลาบ นอกจากนั้นกลีบดอกยังมีลักษณะที่เหี่ยวยุบ ซึ่งทำให้ได้คะแนนต่ำกว่าดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$)

ตารางที่ 4.9 คะแนนผลการประเมินคุณภาพด้วยลักษณะปรากฏภายนอกของดอกกุหลาบอบแห้ง ด้วยระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้ง ด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน

อุณหภูมิ	กรรมวิธี	คะแนนการประเมินลักษณะปรากฏภายนอก		
		ดอกสีขาว	ดอกสีแสด	ดอกสีชมพู
40-45 ^o ซ	BPA 25% นาน 40 ชั่วโมง	6.88c	6.78d	6.81d
	BPA 50% นาน 45 ชั่วโมง	6.83c	6.80d	6.76d
	BPA 75% นาน 52.5 ชั่วโมง	6.84c	6.79d	6.78d
45-50 ^o ซ	BPA 25% นาน 35 ชั่วโมง	7.10b	7.34c	7.16b
	BPA 50% นาน 35 ชั่วโมง	7.14b	7.61b	6.96c
	BPA 75% นาน 40 ชั่วโมง	7.16b	7.66b	6.86bc
50-55 ^o ซ	BPA 25% นาน 25 ชั่วโมง	5.02d	6.05e	4.96d
	BPA 50% นาน 25 ชั่วโมง	4.96d	6.06e	5.03d
	BPA 75% นาน 25 ชั่วโมง	5.04d	5.94e	4.96d
ใช้ซิลิกาเจล นาน 7 วัน		8.41a	8.51a	8.14a
CV(%)		1.45	2.22	1.21

4.1.6 การสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งดอกกุหลาบ

การทำแห้งดอกกุหลาบสีขาวด้วยระบบปั๊มความร้อน ที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่ อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส พบว่าสิ้นเปลืองพลังงาน เท่ากับ 30, 30.42 และ 36.27 kW-hr ที่ อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส สิ้นเปลืองพลังงาน เท่ากับ 31.88, 28.91 และ 31.20 kW-hr และที่ อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส สิ้นเปลืองพลังงาน เท่ากับ 25.60, 24.75 และ 23.48 kW-hr ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส สิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุดเนื่องจากใช้ ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด การสิ้นเปลืองพลังงานจะขึ้นกับระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ใน การอบแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน

สำหรับดอกกุหลาบสีแสด ที่อบแห้งที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 40-45 องศา เซลเซียส สิ้นเปลืองพลังงาน เท่ากับ 30.00, 30.42 และ 34.70 kW-hr และที่อุณหภูมิ 50-55 องศา

เซลเซียส มีค่าการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด โดยมีค่า เท่ากับ 20.48, 19.80 และ 19.56 kW-hr เนื่องจากที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการทำแห้งน้อยที่สุด

ส่วนดอกกุหลาบสีชมพู ที่อบแห้งที่ BPA 25%, 50% และ 75% ที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส สิ้นเปลืองพลังงาน เท่ากับ 20.48, 19.80 และ 19.56 kW-hr รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส สิ้นเปลืองพลังงาน เท่ากับ 22.77, 21.60 และ 23.40 kW-hr ส่วนที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส สิ้นเปลืองพลังงานมากที่สุด โดยมีค่า เท่ากับ 26.25, 27.04 และ 29.36 kW-hr ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) การอบแห้งที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส สิ้นเปลืองพลังงานมากที่สุด เนื่องจากใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานที่สุด

ตารางที่ 4.10 การสิ้นเปลืองพลังงานของดอกกุหลาบที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อนที่ อุณหภูมิและ BPA ต่างๆ

อุณหภูมิ	กรรมวิธี	การสิ้นเปลืองพลังงานของดอกกุหลาบ (kW-hr)		
		ดอกสีขาว	ดอกสีแสด	ดอกสีชมพู
40-45 ^o ซ	BPA 25% นาน 40 ชั่วโมง	30.00	30.00	26.25
	BPA 50% นาน 45 ชั่วโมง	30.42	30.42	27.04
	BPA 75% นาน 52.5 ชั่วโมง	36.27	34.70	29.36
45-50 ^o ซ	BPA 25% นาน 35 ชั่วโมง	31.88	27.33	22.77
	BPA 50% นาน 35 ชั่วโมง	28.91	25.92	21.60
	BPA 75% นาน 40 ชั่วโมง	31.2	29.78	23.40
50-55 ^o ซ	BPA 25% นาน 25 ชั่วโมง	25.60	20.48	20.48
	BPA 50% นาน 25 ชั่วโมง	24.75	19.80	19.80
	BPA 75% นาน 25 ชั่วโมง	23.47	19.56	19.56

4.2 การทำแห้งดอกกุหลาบด้วยระบบสุญญากาศ

4.2.1 ความชื้นของดอกกุหลาบ

ผลการศึกษการทำแห้งดอกกุหลาบด้วยระบบสุญญากาศ โดยทำการทดลองทำแห้งดอกกุหลาบ 3 สี คือ ดอกกุหลาบสีขาว สีแสด และสีชมพู ที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน ผลปรากฏว่าความชื้นเฉลี่ยหลังการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน ผลการทดลองแสดงดังในตารางที่ 4.11 ถึง 4.13 พบว่าดอกกุหลาบสีขาวมีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 11.34% (ฐานเปียก) ดอกกุหลาบสีแสดมีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 11.04% (ฐานเปียก) และดอกกุหลาบสีชมพูมีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 43.24% (ฐานเปียก)

การทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศอุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส พบว่าดอกกุหลาบสีขาวใช้เวลาในการทำแห้ง 45, 35, 30 และ 25 ชั่วโมง ดอกกุหลาบอบแห้งที่ได้มีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 11.42%, 11.00%, 11.89% และ 10.83% (ฐานเปียก) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11)

ดอกกุหลาบสีแสด ใช้เวลาในการทำแห้ง เท่ากับ 40, 30, 25 และ 20 ชั่วโมง โดยมีความชื้นเฉลี่ยเท่ากับ 11.36%, 11.49%, 11.34% และ 10.69% (ฐานเปียก) ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11)

ดอกกุหลาบสีชมพู ใช้เวลาในการทำแห้ง 30, 27.5, 22.5 และ 15 ชั่วโมง และมีความชื้นเฉลี่ย 43.72%, 43.85%, 42.39% และ 43.53% (ฐานเปียก) ที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

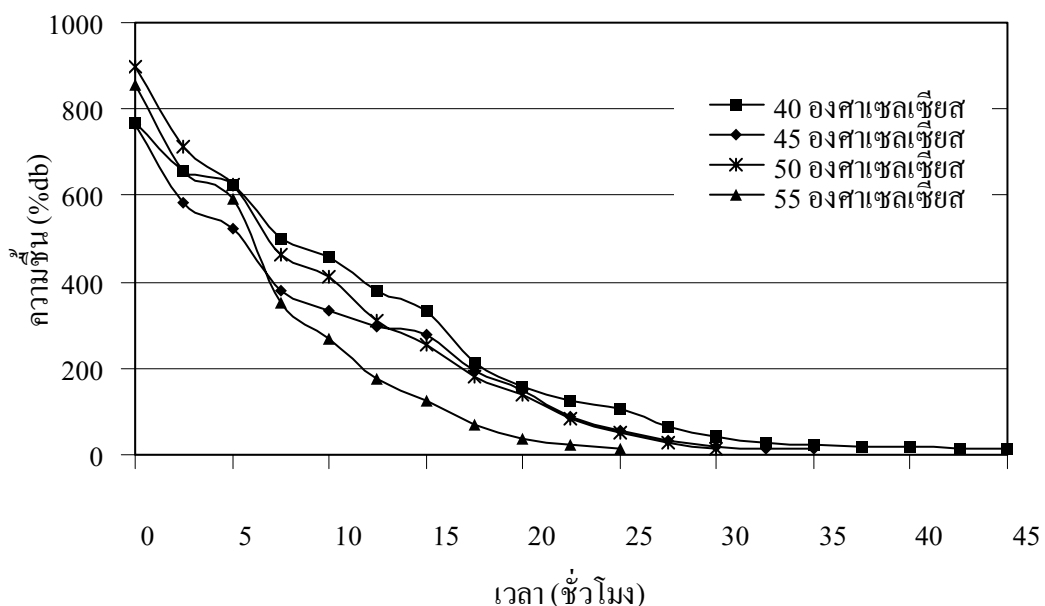
ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิในการอบแห้งดอกกุหลาบด้วยระบบสุญญากาศ มีผลต่อระยะเวลาในการอบแห้ง การอบแห้งอุณหภูมิที่สูงทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยลง เพราะอุณหภูมิสูงจะช่วยเร่งให้น้ำในดอกกุหลาบระเหยออกสู่ภายนอกได้เร็วขึ้น ดังนั้นการอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จึงใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด

ผลการทดลองพบว่าดอกกุหลาบสีขาวและสีแสดที่อบแห้งแล้ว มีความชื้นเฉลี่ยใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 10.83%-10.89% และ 10.69%-11.49% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากดอกกุหลาบสีชมพู ซึ่งภายหลังการอบแห้งยังมีความชื้นสูงมาก อยู่ในช่วง 42.39%-43.85% การที่ยังมีความชื้นเหลืออยู่ในดอกกุหลาบแห้งสีชมพูมาก เนื่องจากดอกกุหลาบสีชมพูมีลักษณะของกลีบดอกที่ทับกันทำให้ไม่สามารถลดความชื้นลงได้ต่ำเหมือนกับดอกกุหลาบสีขาวและดอกกุหลาบสีแสด

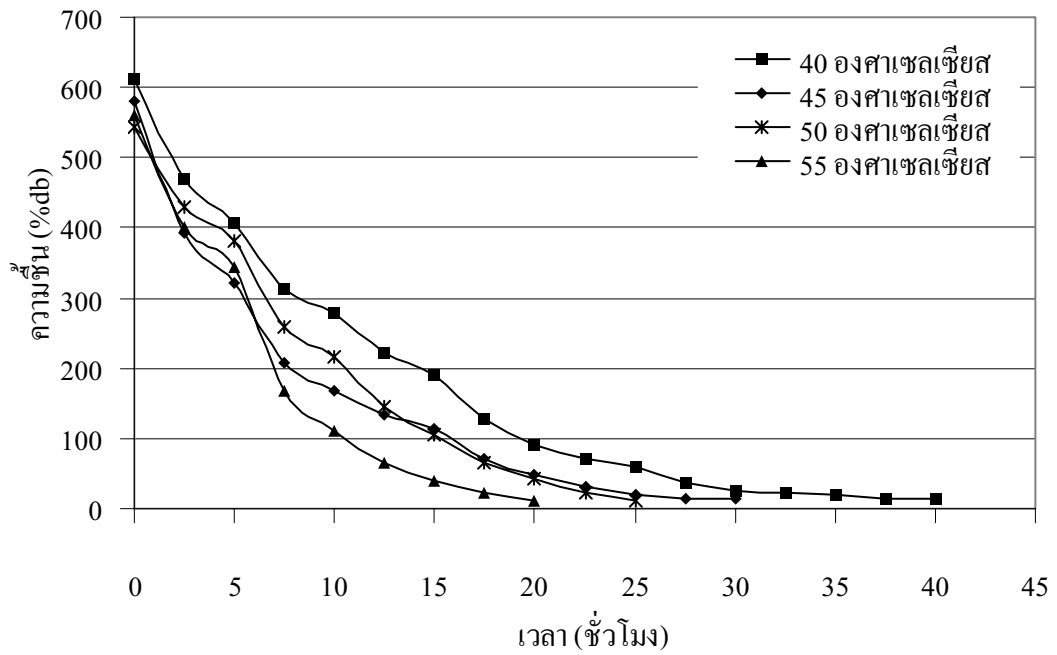
ผลการทดลองพบว่าการอบแห้งดอกกุหลาบสีขาวด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.034 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งมากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.067 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง (ตารางที่ 4.14) ดอกกุหลาบสีสด ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.054 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง รองลงมาคือ ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.042 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งน้อยที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.026 กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง ส่วนดอกกุหลาบสีชมพูอบแห้งที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้ง เท่ากับ 0.040, 0.049, 0.055 และ 0.084 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 อัตราการอบแห้งของดอกกุหลาบสีขาว ที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำให้แห้งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าการทำให้แห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน

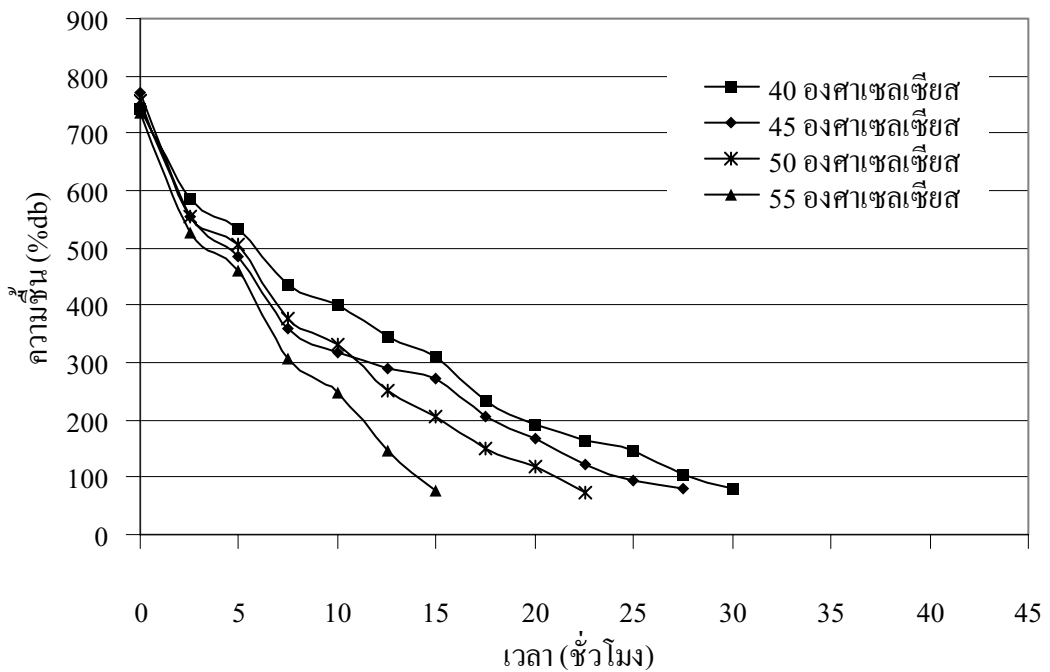
อัตราการอบแห้ง (กิโลกรัมน้ำ/ชั่วโมง) ของดอกกุหลาบ			
อุณหภูมิ	สีขาว	สีสด	สีชมพู
40	0.034	0.026	0.040
45	0.039	0.030	0.049
50	0.055	0.042	0.055
55	0.067	0.054	0.084



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงอัตราการอบแห้งดอกกุหลาบสีขาวด้วยระบบสุญญากาศ



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงอัตราการอบแห้งดอกกุหลาบสีแดงด้วยระบบสุญญากาศ



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงอัตราการอบแห้งดอกกุหลาบสีชมพูด้วยระบบสุญญากาศ

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงสีของกลีบดอกกุหลาบ

ก. ดอกกุหลาบสีขาว

ผลการศึกษาค่า L^* ของกลีบดอกกุหลาบสีขาว ที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน พบว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า L^* เท่ากับ 68.78 (ตารางที่ 4.15) การทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า L^* เท่ากับ 68.30 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า L^* ของกลีบดอกกุหลาบที่อุณหภูมิ 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส โดยมีค่า L^* เท่ากับ 63.12, 60.72 และ 62.08 การที่ค่า L^* ของดอกกุหลาบอบแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่า L^* ต่ำกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล แสดงว่ากลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศมีสีคล้ำมากกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล

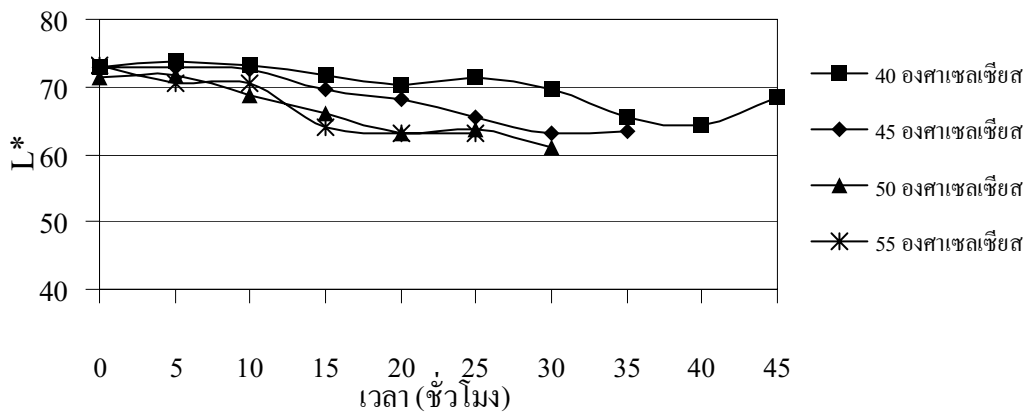
ค่า C^* เป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มของสีดอกกุหลาบอบแห้ง ผลการทดลองพบว่ากลีบดอกกุหลาบสีขาวที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่า C^* 40.30 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 55 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่า C^* เท่ากับ 35.60 และ 44.98 แต่การทำแห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่า C^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 45 และ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า C^* เท่ากับ 41.58 และ 39.88 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) โดยค่า C^* ของกลีบดอกกุหลาบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่า C^* สูงที่สุด และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสมีค่า C^* ต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมิผลต่อการลดลงของค่า C^* ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งยิ่งสูงยิ่งทำให้ดอกกุหลาบอบแห้งที่ได้มีสีเข้มมากขึ้น

การเปลี่ยนแปลงค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบสีขาวที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล โดยการทำให้แห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า h° เท่ากับ 87.50 และการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40, 45 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่า h° เท่ากับ 88.38, 87.80 และ 87.38 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า h° เท่ากับ 85.20 เมื่อเปรียบเทียบกับค่า h° ที่อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียส กับที่อุณหภูมิ 40 และ 45 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 40 และ 45 องศาเซลเซียสมีค่า h° สูงกว่า แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิ 40 และ 45 องศาเซลเซียส สีของกลีบดอกกุหลาบอบแห้งมีสีเหลืองมากขึ้น

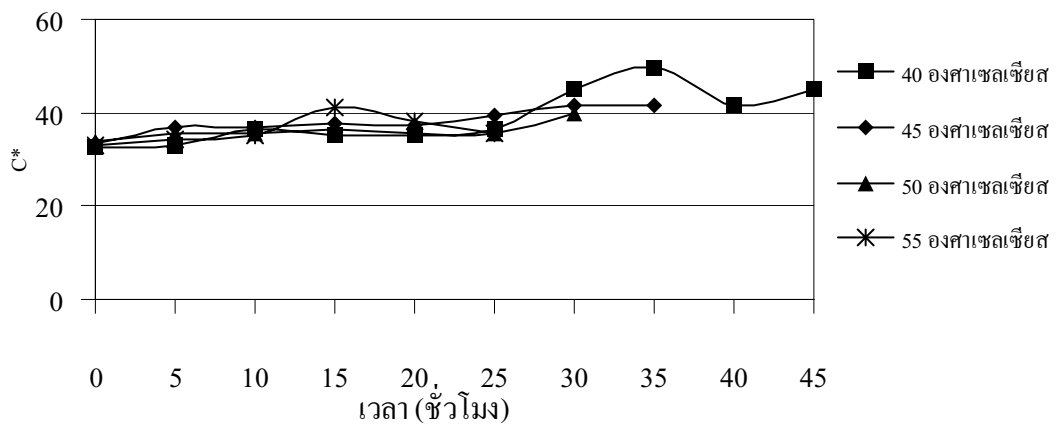
ตารางที่ 4.15 ค่าสีของดอกกุหลาบสีขาวยที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนถึงสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล นาน 7 วัน

กรรมวิธี	ค่าสีของดอกกุหลาบสีขาวยอบแห้ง				
	L*	a*	b*	C*	Hue angle
ดอกกุหลาบสีขาวสด	72.42a	0.57c	33.28c	33.29c	89.04a
อุณหภูมิ 40°ซ	68.30b	1.24bc	45.00a	44.98a	88.38ab
อุณหภูมิ 45°ซ	63.12c	1.62b	41.58b	41.58b	87.80ab
อุณหภูมิ 50°ซ	60.72d	3.32a	39.76b	39.88b	85.20c
อุณหภูมิ 55°ซ	62.08cd	1.62b	35.54c	35.60c	87.38b
ใช้ซิลิกาเจล นาน 7 วัน	68.78b	0.90bc	40.24b	40.30b	88.72ab
CV(%)	2.18	66.20	6.19	6.22	1.49

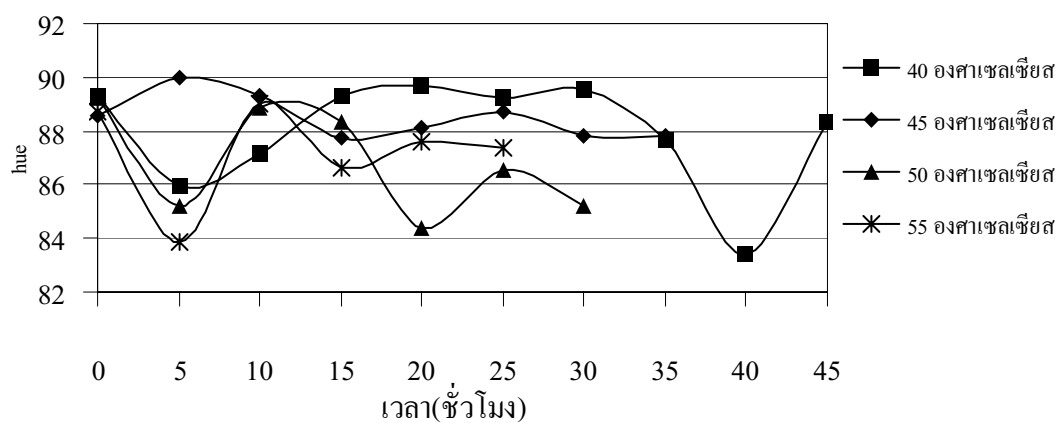
หมายเหตุ อักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.10a ค่า L* ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ



รูปที่ 4.10b ค่า C* ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ



รูปที่ 4.10c ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีขาวเมื่อผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ

ข. ดอกกุหลาบสีแสด

ผลการศึกษาค่า L^* ที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล นาน 7 วัน พบว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า L^* เท่ากับ 27.82 การทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่ อุณหภูมิ 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่า L^* เท่ากับ 22.36, 22.12 และ 20.68 ตามลำดับ ซึ่ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า L^* ของกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โดยมีค่า L^* เท่ากับ 25.32 และการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส มีค่า L^* น้อยกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล แสดงให้เห็นว่าสีของกลีบดอกกุหลาบมีสีที่คล้ำลง

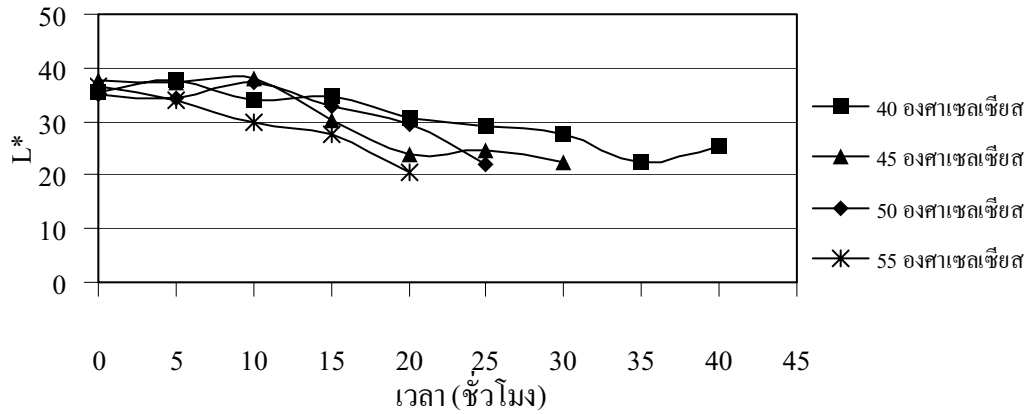
ส่วนค่า C^* พบว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า C^* เท่ากับ 81.48 (ตารางที่ 4.16) ซึ่ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วย ระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 55, 50, 45 และ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า C^* เท่ากับ 68.10, 69.02, 67.24 และ 70.74 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศา เซลเซียส มีค่า C^* น้อยกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล แสดงว่ากลีบดอกกุหลาบที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส มีความเข้มของสีแดงน้อยกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล

ค่า h^o ของกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่า h^o เท่ากับ 31.84 ซึ่งแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่ อุณหภูมิ 55, 50, 45 และ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า h^o เท่ากับ 24.16, 26.40, 23.36 และ 26.14 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) เมื่อเปรียบเทียบกับค่า h^o ของกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 55, 50, 45 และ 40 องศาเซลเซียส กับค่า h^o ของกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล พบว่า ที่อุณหภูมิ 55, 50, 45 และ 40 องศาเซลเซียส มีค่า h^o ต่ำกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล ซึ่ง แสดงให้เห็นว่าสีของกลีบดอกกุหลาบมีสีแดงน้อย

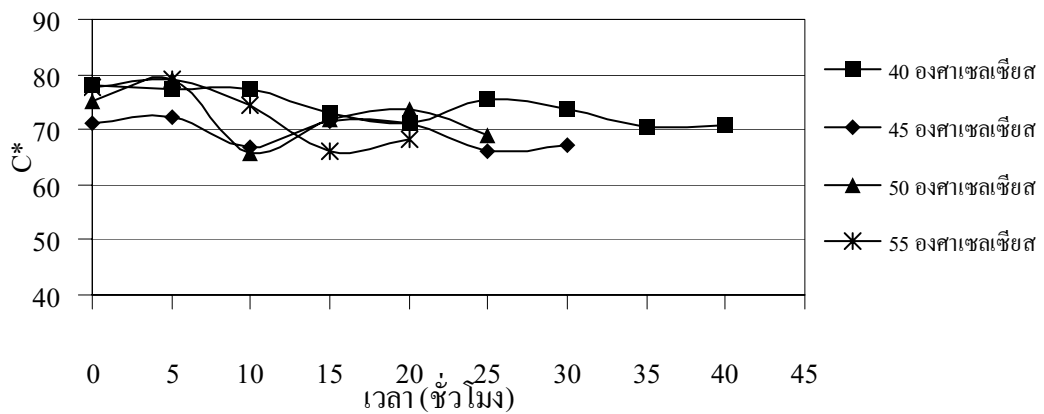
ตารางที่ 4.16 ค่าสีของดอกกุหลาบสีแสด ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนถึงสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล นาน 7 วัน

กรรมวิธี	ค่าสีของดอกกุหลาบสีแสดอบแห้ง				
	L*	a*	b*	C*	Hue angle
ดอกกุหลาบสีแสดสด	36.71a	60.04c	44.94a	75.06b	36.76a
อุณหภูมิ 40°ซ	25.32c	63.42ab	28.76b	70.74c	26.14cd
อุณหภูมิ 45°ซ	22.36d	62.78b	28.26b	67.24c	23.36d
อุณหภูมิ 50°ซ	22.12d	63.58ab	30.14b	69.02c	26.40c
อุณหภูมิ 55°ซ	20.68d	62.44b	26.82b	68.10c	24.16cd
ใช้ซิลิกาเจล นาน 7 วัน	27.82b	65.80a	43.30a	81.48a	31.84b
CV(%)	4.80	2.98	7.71	4.47	7.16

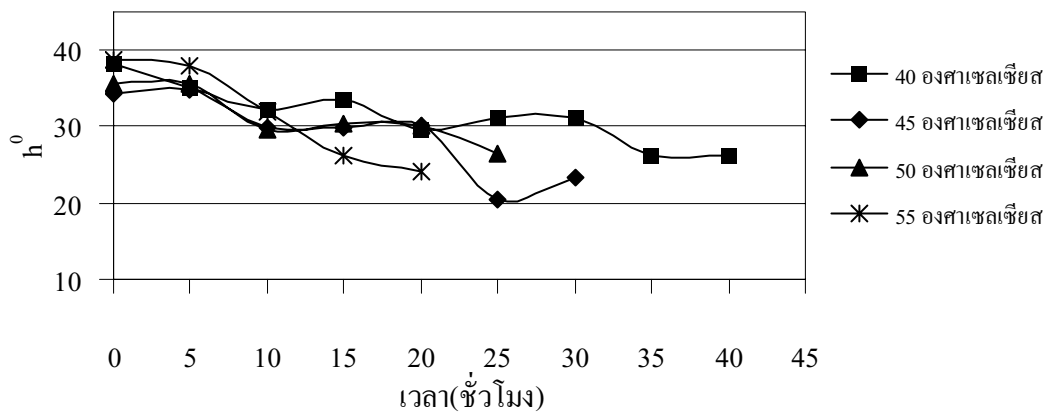
หมายเหตุ อักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.11a ค่า L^* ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ



รูปที่ 4.11b ค่า C^* ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ



รูปที่ 4.11c ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีแสดที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ

ค. ดอกกุหลาบสีชมพู

ผลการศึกษาค่า L^* ที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล นาน 7 วัน พบว่าการทำแห้งด้วยซิลิกามีค่า L^* เท่ากับ 30.56 (ตารางที่ 4.17) ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยระบบ สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า L^* เท่ากับ 31.42, 30.88 และ 28.86 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.17) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ การทำแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า L^* เท่ากับ 34.82 (ตารางที่ 4.17) โดยพบว่าค่า L^* มีค่า ลดลงเมื่ออุณหภูมิในการทำแห้งสูงขึ้น แสดงว่ากลีบดอกกุหลาบอบแห้งมีสีคล้ำลง

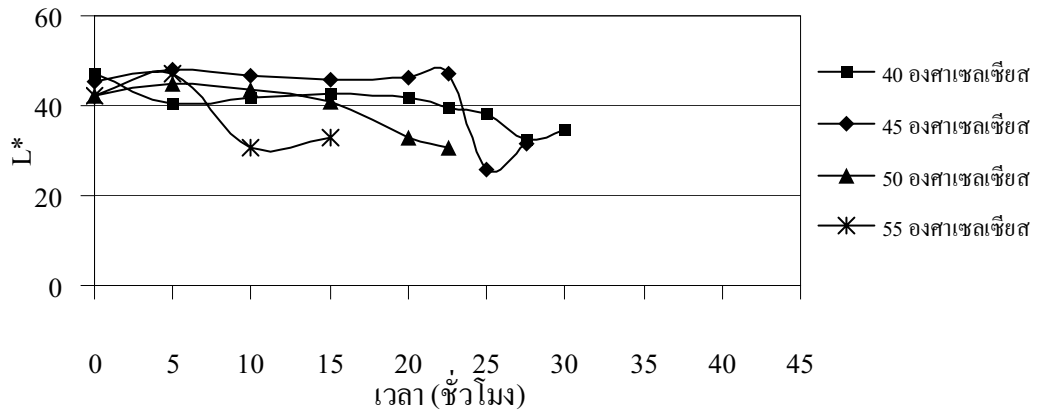
ส่วนค่า C^* ของดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า C^* เท่ากับ 40.30 (ตารางที่ 4.17) โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้ง ด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า C^* เท่ากับ 51.90, 49.68, 54.42 และ 47.34 (ตารางที่ 4.17) โดยพบว่ากลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ มีค่า C^* น้อยกว่าที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล แสดงว่ากลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศมีความเข้ม ของสีแดงน้อย

ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า h° เท่ากับ 13.22 (ตารางที่ 4.17) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบการทำแห้งด้วยระบบ สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50, 45 และ 40 องศาเซลเซียส โดยมีค่า h° เท่ากับ 7.46, 7.34 และ 10.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.17) แต่การทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า C^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่า h° เท่ากับ 10.82 เมื่อเปรียบเทียบค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วย ระบบสุญญากาศกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล พบว่ากลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ มีค่า h° น้อยกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล แสดงให้เห็นว่าสีของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูอบแห้งมีสี เข้มมากกว่าทำแห้งด้วยซิลิกาเจล

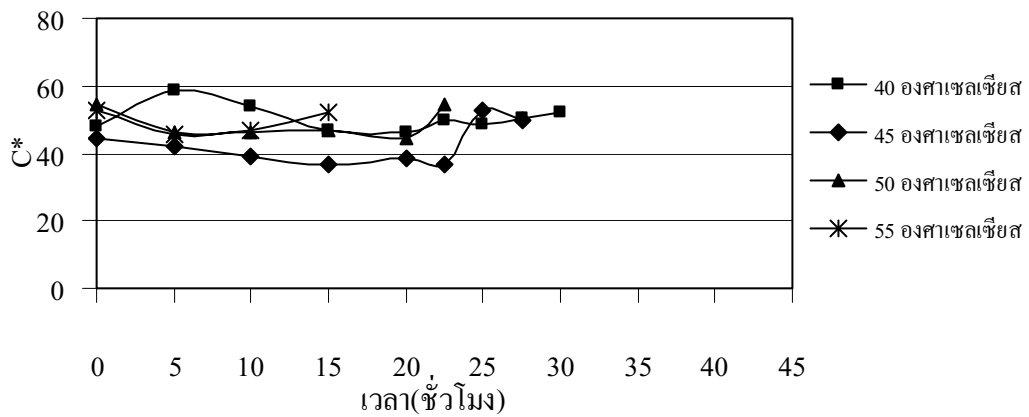
ตารางที่ 4.17 ค่าสีของดอกกุหลาบสีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล นาน 7 วัน

กรรมวิธี	ค่าสีของดอกกุหลาบสีชมพูอบแห้ง				
	L*	a*	b*	C*	Hue angle
ดอกกุหลาบสีชมพูสด	35.06a	61.10a	43.88a	75.26a	35.64a
อุณหภูมิ 40°ซ	34.82a	51.08bc	9.04c	51.90cd	10.02cd
อุณหภูมิ 45°ซ	31.42b	49.26cd	3.94d	49.68de	7.34e
อุณหภูมิ 50°ซ	30.88b	53.90b	7.14c	54.42c	7.46de
อุณหภูมิ 55°ซ	28.86b	46.46d	8.82c	47.34e	10.82bc
ใช้ซิลิกาเจล นาน 7 วัน	30.56b	63.72a	14.06b	63.64b	13.22b
CV(%)	6.72	5.11	15.34	4.97	14.121

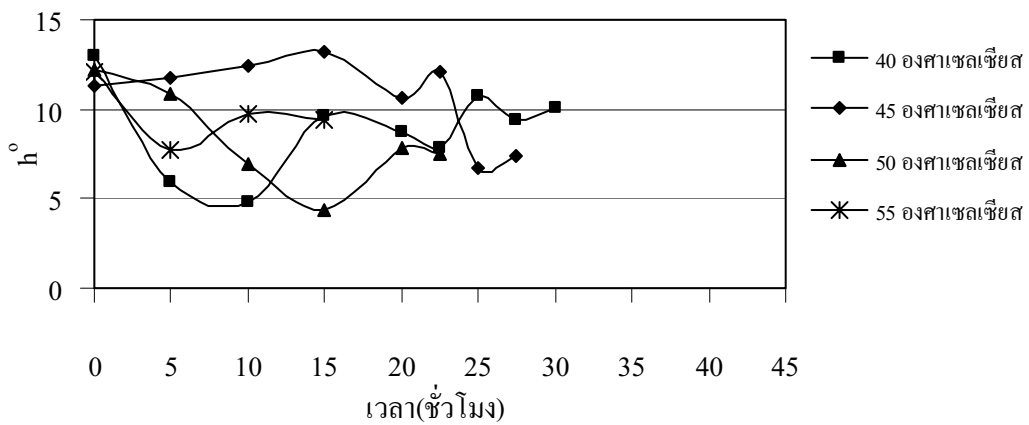
หมายเหตุ อักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



รูปที่ 4.12a ค่า L^* ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ



รูปที่ 4.12b ค่า C^* ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ



รูปที่ 4.12c ค่า h° ของกลีบดอกกุหลาบสีชมพูที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ

4.2.3 ค่า a_w ของดอกกุหลาบอบแห้ง

ผลการทดลองวัดค่า a_w ของดอกกุหลาบอบแห้งด้วยระบบสุญญากาศ เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน พบว่าดอกกุหลาบสีขาว สีแสด และสีชมพูที่ผ่านการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่า a_w เท่ากับ 0.331, 0.341 และ 0.598 การอบแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่า a_w เท่ากับ 0.517, 0.535 และ 0.675 ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่า a_w เท่ากับ 0.485, 0.462 และ 0.598 ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่า a_w เท่ากับ 0.411, 0.407 และ 0.576 และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่า a_w เท่ากับ 0.272, 0.277 และ 0.494 (ตารางที่ 4.18) ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) โดยพบว่า การอบแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่า a_w น้อยที่สุด และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่า a_w สูงที่สุด แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมิผลต่อการลดลงของค่า a_w เพราะอุณหภูมิต่ำที่ใช้ออบแห้งที่สูงขึ้นจะมีผลช่วยเร่งให้น้ำอิสระสามารถระเหยออกไปได้มากขึ้น และจากผลการทดลองพบว่าดอกกุหลาบสีชมพูมีค่า a_w สูงกว่าดอกกุหลาบสีขาวและสีแสด เพราะดอกกุหลาบสีชมพูมีความชื้นที่สูงกว่าดอกกุหลาบสีขาวและสีแสด จึงส่งผลให้ดอกกุหลาบสีชมพูมีค่า a_w สูงกว่าดอกกุหลาบสีขาวและสีแสด

ตารางที่ 4.18 ค่า a_w ของดอกกุหลาบที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนถึงสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน

กรรมวิธี	ค่า a_w ของดอกกุหลาบอบแห้ง		
	ดอกสีขาว	ดอกสีแสด	ดอกสีชมพู
อุณหภูมิ 40°ซ	0.517a	0.535a	0.675a
อุณหภูมิ 45°ซ	0.485a	0.462b	0.598b
อุณหภูมิ 50°ซ	0.411b	0.407c	0.576c
อุณหภูมิ 55°ซ	0.272d	0.277d	0.494d
ใช้ซิลิกาเจล นาน 7 วัน	0.331c	0.341e	0.598b
CV(%)	4.80	7.75	6.46

หมายเหตุ อักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2.4 ค่าแรงต้านการดึงของกลีบดอกกุหลาบ

ผลการวัดค่าแรงต้านการดึงของกลีบดอกกุหลาบสีขาวที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน พบว่าดอกกุหลาบสีขาวที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่าแรงต้านการดึง เท่ากับ 1.13 นิวตัน (ตารางที่ 4.19) ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าแรงต้านการดึง เท่ากับ 1.38 นิวตัน (ตารางที่ 4.19) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส ที่มีค่าแรงต้านการดึง เท่ากับ 2.27, 2.28 และ 1.76 นิวตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19) โดยพบว่าอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่าแรงต้านการดึงน้อยที่สุด และที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส มีค่าแรงต้านการดึงมากที่สุด

สำหรับดอกกุหลาบสีแสดที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมีค่าแรงต้านการดึง เท่ากับ 1.40 นิวตัน (ตารางที่ 4.19) ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 50 และ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าแรงต้านการดึง เท่ากับ 1.54 และ 1.44 นิวตัน ตามลำดับ แต่พบว่าการทำให้แห้งด้วยซิลิกาเจลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 40 และ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าแรงต้านการดึง เท่ากับ 2.03 และ 2.01 นิวตัน โดยกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าแรงต้านการดึงมากที่สุด รองลงมาคือที่อุณหภูมิ 45, 50 และที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่าแรงต้านการดึงน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้นมีผลให้แรงต้านการดึงมีค่าที่ลดลง

ส่วนดอกกุหลาบสีชมพูที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยซิลิกาเจล มีค่าแรงต้านการดึง เท่ากับ 2.18 นิวตัน (ตารางที่ 4.19) ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าแรงต้านการดึง เท่ากับ 2.23, 2.06 และ 1.63 นิวตัน ตามลำดับ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีค่าแรงต้านการดึงน้อยที่สุด และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าแรงต้านการดึงมากที่สุด

เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้น ทำให้ค่าแรงต้านการดึงของกลีบดอกกุหลาบลดลง ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้โคนของกลีบดอกกุหลาบแห้งมาก ทำให้มีพื้นที่สัมผัสน้อย จึงส่งผลให้สามารถดึงกลีบหลุดออกได้ง่าย

ตารางที่ 4.19 ค่าแรงต้านการดึงกลีบของดอกกุหลาบที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิต่างๆ จนสิ้นสุดระยะเวลาในการทำแห้งเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน

กรรมวิธี	ค่าแรงต้านการดึงของดอกกุหลาบอบแห้ง (นิวตัน)		
	ดอกสีขาว	ดอกสีแสด	ดอกสีชมพู
อุณหภูมิ 40°ซ	2.27a	2.03a	2.23a
อุณหภูมิ 45°ซ	2.28a	2.01a	2.06ab
อุณหภูมิ 50°ซ	1.76ab	1.54ab	1.63ab
อุณหภูมิ 55°ซ	1.38bc	1.44b	1.37b
ใช้ซิลิกาเจล นาน 7 วัน	1.13c	1.40b	2.18a
CV(%)	24.39	22.70	28.67

หมายเหตุ อักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.5 การประเมินคุณภาพของดอกกุหลาบอบแห้งด้วยลักษณะปรากฏภายนอก

ผลการทำแห้งดอกกุหลาบสีขาวด้วยระบบสุญญากาศ เปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนดอกกุหลาบสีขาวที่ผ่านการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลเท่ากับ 8.41 (ตารางที่ 4.20) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับคะแนนของดอกกุหลาบสีขาวด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งผู้ประเมินให้คะแนน เท่ากับ 4.12, 4.10, 4.54 และ 4.32 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20) และพบว่าคะแนนการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศมีค่าน้อยกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมาก เพราะกลีบดอกกุหลาบมีลักษณะที่เหี่ยวยุบมาก และสีของกลีบดอกกุหลาบอบแห้งมีสีที่ไม่สม่ำเสมอเปลี่ยนแปลงไปมากเมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล

สำหรับดอกกุหลาบสีแสด พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนดอกกุหลาบสีแสดอบแห้งด้วยซิลิกาเจลเท่ากับ 8.51 และให้คะแนนดอกกุหลาบสีแสดอบแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส เท่ากับ 4.08, 4.13, 4.07 และ 4.13 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) อาจเนื่องสีของกลีบดอกกุหลาบที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก โดยพบว่าสีของกลีบดอกกุหลาบสีแสดมีสีซีดจาง และลักษณะของกลีบดอกมีลักษณะที่เหี่ยวยุบ จึงทำให้ดอกกุหลาบสีแสดที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจลได้รับคะแนนสูงกว่าที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศมาก

ส่วนดอกกุหลาบสีชมพู พบว่าผู้ประเมินให้คะแนนดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยซิลิกาเจล เท่ากับ 8.14 (ตารางที่ 4.20) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส ซึ่งได้คะแนน เท่ากับ 4.13, 4.10, 4.44 และ 4.26 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20) เมื่อเปรียบเทียบการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจล พบว่าดอกกุหลาบสีชมพูที่ทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศได้คะแนนต่ำกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมาก เช่นเดียวกับดอกกุหลาบสีขาวและสีแสด

ตารางที่ 4.20 การประเมินคุณภาพด้วยลักษณะปรากฏภายนอกของดอกกุหลาบอบแห้ง ด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน

กรรมวิธี	การประเมินลักษณะปรากฏภายนอกของดอกกุหลาบอบแห้ง		
	ดอกสีขาว	ดอกสีแสด	ดอกสีชมพู
อุณหภูมิ 40°ซ	4.12c	4.08b	4.13c
อุณหภูมิ 45°ซ	4.10c	4.13b	4.10c
อุณหภูมิ 50°ซ	4.54b	4.07b	4.44b
อุณหภูมิ 55°ซ	4.32bc	4.13b	4.26bc
ใช้ซิลิกาเจล นาน 7 วัน	8.41a	8.51a	8.14a
CV(%)	2.77	1.35	2.56

หมายเหตุ อักษรที่ตามหลังค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ดอกกุหลาบที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบที่มีความร้อนทั้งสามสีที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส มีคุณภาพใกล้เคียงกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลนาน 7 วัน เนื่องจากสีของดอกกุหลาบแห้งทั้งสามสี มีลักษณะสีใกล้เคียงกับการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมากที่สุด (รูปที่ 4.13 และ 4.14) แต่พบว่าการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศที่ทุกอุณหภูมิได้ดอกกุหลาบอบแห้งที่มีคุณภาพต่ำกว่าการทำแห้งด้วยซิลิกาเจลมาก เนื่องจากดอกกุหลาบอบแห้งที่ได้มีลักษณะสีที่ไม่สม่ำเสมอและซีดจาง แตกต่างจากดอกกุหลาบที่อบแห้งด้วยซิลิกาเจลมาก (รูปที่ 4.15)



รูปที่ 4.13 ดอกกุหลาบสีแดง สีขาว และ สีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยซิติกาเจลดนาน 7 วัน



รูปที่ 4.14 ดอกกุหลาบสีแดง สีขาว และสีชมพู ที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบปั๊มความร้อน ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส



ก. ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส



ข. ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส



ค. ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



ง. ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.15 ดอกกุหลาบที่ผ่านการทำแห้งด้วยระบบสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40, 45, 50 และ 55 องศาเซลเซียส

4.3 วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

4.3.1 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการทำแห้งแบบป้อนความร้อน

การวิเคราะห์ต้นทุนและค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งแบบป้อนความร้อน และการทำแห้งด้วยซิลิกา โดยวิเคราะห์ที่อัตราการผลิตสูงสุด 300 ดอก ที่ระยะเวลาในการอบ 35 ชั่วโมง โดยกำหนดเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. เงินลงทุนในการสร้างเครื่อง (ศิริชัย, 2547) 67,614 บาท
2. มูลค่าซากของเครื่อง 20% ของต้นทุนเครื่อง
3. เครื่องมีอายุการใช้งาน 5 ปี
4. ค่าบำรุงรักษาเครื่องคิดเป็น 5% ต่อปีของต้นทุนเครื่อง
5. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 10% (ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์, สิงหาคม 2547)
6. ราคาดอกกุหลาบสด 3 บาทต่อ 1 ดอก

7. ใน 1 ปี สามารถทำการผลิตดอกไม้อบแห้ง คิดเป็น 210 วัน ทำงาน 2 วันต่อเนื่อง 35 ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 ปีมีการอบแห้ง เฉลี่ย 105 ครั้ง
8. ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อครั้งของการอบแห้ง 29.05 บาท
9. ใช้แรงงานสองคนต่อการผลิตโดยทำงานวันละ 12 ชั่วโมงต่อคน
10. ค่าแรงวันละ 200 บาทต่อวันต่อคน
11. ราคาของดอกไม้แห้ง ดอกละ 10.00 บาท
12. ราคาไฟฟ้าต่อหน่วย 3.62 บาท
13. อัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 0.83 kW/h

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ดังตารางที่ 4.20 จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายรายปีรวมทั้งหมดเท่ากับ 208,545 บาท โดยแบ่งเป็นต้นทุนการสร้างเครื่องรายปีเท่ากับ 15,622 บาท ค่าพลังงานไฟฟ้า 11,042 บาทต่อปี ค่าดอกไม้สด 94,500 บาทต่อปี ค่าบำรุงรักษาเครื่อง 3,381 บาทต่อปี และค่าใช้จ่ายแรงงาน 84,000 บาทต่อปี รายได้เท่ากับ 315,000 บาทต่อปี รายรับสุทธิเท่ากับ 106,455 บาทต่อปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายรวมในการทำแห้งดอกกุหลาบ เท่ากับ 6.62 บาทต่อดอก โดยแบ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องอบแห้งต้นแบบ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ต้นทุนดอกไม้สด ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษา และค่าแรงเท่ากับ 0.49, 0.35, 3.00, 0.10 และ 2.66 บาทมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับ 180% และมีระยะเวลาคืนทุน 7.2 เดือน ซึ่งในทางเศรษฐศาสตร์แล้วถือว่าเป็นโครงการที่น่าลงทุน

ตารางที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งดอกไม้ด้วยระบบปั๊มความร้อนที่สร้างขึ้น

รายการค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายเทียบเท่ารายปี (บาท)	ค่าใช้จ่ายต้นทุนต่อดอก (บาท)
1. ต้นทุนเครื่อง	15,622	0.49
2. ค่าพลังงานไฟฟ้า	11,042	0.35
4. ค่าดอกกุหลาบสด	94,500	3.00
5. ค่าซ่อมบำรุง	3,381	0.10
6. ค่าแรงงาน	84,000	2.66
รวมทั้งหมด	208,545	6.62
ผลตอบแทนเทียบเท่ารายปี		
1. ต้นทุนการผลิต	208,545	
2. รายรับ	315,000	
3. รายได้สุทธิ	106,455	
4. อัตราผลตอบแทนการลงทุน(%)	180 %	
5. ระยะเวลาคืนทุน	7.2 เดือน	

4.3.2 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการทำแห้งด้วยซิลิกา

การวิเคราะห์ต้นทุนและค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของการทำแห้งดอกกุหลาบอบแห้งด้วยซิลิกาเจล โดยวิเคราะห์ที่อัตราการผลิตสูงสุด 300 ดอก ที่ระยะเวลาในการทำแห้ง 7 วัน โดยกำหนดเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. ซิลิกาเจลผสมทราย 2 กิโลกรัมทำแห้งได้ 6 ดอก
2. ซิลิกาเจลผสมทราย 400 บาทต่อกิโลกรัม
3. ใช้ซิลิกาเจลผสมทรายต่อครั้งของการอบแห้ง 100 กิโลกรัม มีอายุการใช้งาน 2.5 ปี
4. ราคาดอกกุหลาบสดดอกละ 3 บาท
5. ใน 1 ปี สามารถทำการผลิตดอกไม้อบแห้ง คิดเป็น 365 วันทำงาน ทำงาน 2 วัน ต่อเนื่อง 35 ชั่วโมง ดังนั้นใน 1 ปีมีการทำแห้ง เฉลี่ย 52 ครั้ง
6. ใช้แรงงานสองคนต่อการผลิตโดยทำงานวันละ 12 ชั่วโมงต่อคน
7. ค่าแรงวันละ 200 บาทต่อวันต่อคน
8. ราคาของดอกกุหลาบอบแห้ง ดอกละ 10 บาท

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ดังแสดงในตารางที่ 4.22 จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายรายปีรวมทั้งหมดเท่ากับ 128,800 บาท โดยแบ่งเป็นต้นทุนค่าซิลิกาเท่ากับ 20,294 บาท ค่าดอกไม้สด 46,800 บาทต่อปี และค่าใช้จ่ายแรงงาน 42,000 บาทต่อปี รายได้เท่ากับ 156,000 บาทต่อปี รายรับสุทธิเท่ากับ 27,200 บาทต่อปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายรวมในการอบแห้งดอกกุหลาบเท่ากับ 6.99 บาทต่อดอก โดยแบ่งเป็นค่าซิลิกาเจล ต้นทุนดอกกุหลาบสด และค่าแรงเท่ากับ 1.30, 3.00 และ 2.69 บาท ตามลำดับ โดยมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับ 140 % และมีระยะเวลาคืนทุน 1 ปี 2 เดือน

ตารางที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการทำแห้งดอกกุหลาบด้วยซิลิกาเจล

รายการค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายเทียบเท่ารายปี (บาท)	ค่าใช้จ่ายต้นทุนต่อดอก (บาท)
1. ซิลิกาเจล	20,294	1.30
2. ค่าดอกกุหลาบสด	46,800	3.00
6. ค่าแรงงาน	42,000	2.69
7. รวมทั้งหมด	109,094	6.99
ผลตอบแทนเทียบเท่ารายปี		
1. ต้นทุนการผลิต		128,800
2. รายรับ		156,000
3. รายได้สุทธิ		27,200
4. อัตราผลตอบแทนการลงทุน(%)		140 %
5. ระยะเวลาคืนทุน		1 ปี 2 เดือน

ตาราง 4.23 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนในการอบแห้งดอกกุหลาบด้วยระบบปั๊มความร้อนกับการใช้ซิลิกาเจล

กระบวนการผลิต	ต้นทุนการผลิต (บาท/ดอก)	จำนวนดอกที่ผลิตได้ ต่อปี (ดอก)
1. เครื่องอบแห้งระบบปั๊มความร้อน	6.62	31,500
2. การทำแห้งด้วยซิลิกาเจล	6.99	15,600