บทที่ 4
ผลและการวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 คุณลักษณะของกลีบกุหลาบ

กุหลาบสดสีแดงที่ใช้ในการทดลอง จะถูกคัดเลือกกลีบขนาดและสีให้ใกล้เคียงกัน จากนั้นนำกลีบกุหลาบสดมาหาปริมาณความชื้นทุกครั้งก่อนทำการทดลอง ซึ่งความชื้นเริ่มต้นกลีบกุหลาบ อยู่ในช่วง 73.36 - 85.87 % (มาตรฐานเปียก) และมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ระหว่าง 50.97 – 32.30 ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 คุณลักษณะของกลีบกุหลาบสดก่อนการอบแห้ง

กลีบกุหลาบสด	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
ความชื้น(%มาตรฐานเปียก)	73.36	85.78	81.37 ± 2.61
ความชื้น(%มาตรฐานแห้ง)	275.00	603.00	453.40 ± 112.12
L*	32.30	50.97	40.97 ± 5.53
a*	36.81	66.71	52.59 ± 8.60
b*	25.72	47.40	25.72 ± 14.15

4.1.1 ผลของอุณหภูมิและความเร็วลมต่อเวลาการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบสเปาเต็ดเบด

นำกลีบกุหลาบมาหาความชื้นทุกครั้ง ก่อนการเริ่มต้นทดลองแต่ละสภาวะ เนื่องจากทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละวันไม่เท่ากัน อาจทำให้ความชื้นของกุหลาบแปรผันได้ การอบแห้งกลีบกุหลาบสดจะถูกกำหนดสภาวะการทดลองด้วยอุณหภูมิ (50 55 60 65 และ 70 °C) และ ความเร็วลม (3 3.5 4 4.5 และ 5 m/s) จากนั้น คำนวณหาปริมาณความชื้น เมื่อคิดเทียบกับน้ำหนักแห้ง (ภาคผนวก ข) ที่ได้จากการชั่งน้ำหนักของกลีบกุหลาบทุกๆ 2 นาที ซึ่งกลีบกุหลาบสด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีน้ำหนักเริ่มต้น 10 กรัม จนกระทั่งน้ำหนักไม่มีการเปลี่ยนแปลง น้ำหนักสุดท้ายจึงสามารถนำมาคำนวณหาความชื้นสุดท้ายของกลีบกุหลาบที่ได้ทำการทดลองอบแห้งในแต่ละสภาวะ และนำมาคำนวณอัตราส่วนความชื้น ต่อไป

เมื่อกำหนดสภาวะด้วยความเร็วลมและอุณหภูมิคงที่ เมื่อลมร้อนไหลผ่านกลีบกุหลาบทำให้ความชื้นค่อยๆ เคลื่อนมายังผิวของกลีบกุหลาบ และน้ำระเหยออกไปช้าๆ เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง ทำให้กลีบกุหลาบมีน้ำหนักเบาลงและเคลื่อนที่ไปตามกระแสลมร้อนที่ได้ป้อนสู่หอทดลอง ดังภาพ 4.1 ซึ่งเห็นได้ว่าเกิดการกระจายตัวของกลีบกุหลาบที่มีการระเหยความชื้นออกมาจนมีน้ำหนักลดลง

ภาพ 4.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของกลีบกุหลาบตามกระแสความเร็วลม
และอุณหภูมิที่กำหนดสภาวะในเครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด

ผลของอุณหภูมิและความเร็วลมต่อเวลาในการอบแห้งกลีบกุหลาบ จากการชั่งน้ำหนักกลีบกุหลาบทุก ๆ 2 นาที จนกระทั่งน้ำหนักนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง พบว่า ลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C ที่ความเร็วลม 3.5 m/s ใช้เวลาอบแห้งมากที่สุดเฉลี่ย 57.5 นาที และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปจนถึง 70 °C เห็นได้ว่า ลมร้อนอุณหภูมิ 70°C ที่ความเร็วลม 5 m/s ใช้เวลาการอบแห้งน้อยที่สุด คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

16.5 นาที ดังตาราง 4.2 เห็นได้ว่า ลมร้อนอุณหภูมิ 70 °C ใช้เวลาการอบแห้งน้อยกว่าอุณหภูมิ 65 60 55 50 °C ดังนั้นผลของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจึงสามารถลดเวลาการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ อุณหภูมิเป็นสิ่งสำคัญในการอบแห้งที่ทำให้เกิดการระเหยความชื้น และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะเกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผิวหน้ากลีบกุหลาบกับอุณหภูมิในคอลัมน์จึงทำให้เกิดการระเหยของความชื้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้กระบวนการอบแห้งของกลีบกุหลาบสิ้นสุดลงเมื่อกลีบกุหลาบเข้าสู่ความชื้นสมดุล

เมื่อพิจารณาผลของความเร็วลม พบว่าความเร็วลมที่ 3 3.5 4 และ4.5 m/s ให้เวลาการอบแห้งใกล้เคียงกันจึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ที่ความเร็วลม 5 m/s ใช้เวลาน้อยกว่าความเร็วลมที่ 3 3.5 4 และ4.5 m/s อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นความเร็วลมจึงมีผลต่อการลดเวลาการอบแห้ง ในที่นี้ความเร็วที่ 5 m/s สามารถทำให้อุณหภูมิหรือลมร้อนสัมผัสกับกลีบกุหลาบได้อย่างทั่วถึง ความชื้นจึงลดลงจนถึงความชื้นสมดุลเร็วกว่า ความเร็วลมที่ 3 3.5 4 และ 4.5 m/s (ดังตาราง 4.2) และเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วสามารถกล่าวได้ว่า อุณหภูมินั้นมีผลกับการอบแห้งมากที่สุด และเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้งกลีบกุหลาบได้อย่างชัดเจน

ตาราง 4.2 ผลของอุณหภูมิและความเร็วลมต่อเวลาการอบแห้งกลีบกุหลาบให้มีความชื้นสมดุลด้วยเครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด

อุณหภูมิ	เวลา (min)				
°C	ความเร็วลม (m/s) 3	3.5	4	4.5	5
70	$18.0^{A,b} \pm 1.63$	$17.0^{A,b} \pm 1.15$	$17.5^{A,b} \pm 1.91$	$18.0^{A,b} \pm 1.63$	$16.5^{A,a} \pm 1.00$
65	$20.5^{B,b} \pm 1.00$	$22.0^{B,b} \pm 0.00$	$24.5^{B,b} \pm 2.51$	$20.5^{B,b} \pm 2.51$	$19.5^{B,a} \pm 1.91$
60	$27.0^{C,b} \pm 1.15$	$28.0^{C,b} \pm 1.15$	$26.0^{C,b} \pm 0.00$	$29.5^{C,b} \pm 1.00$	$27.5^{C,a} \pm 1.91$
55	$51.0^{D,b} \pm 2.00$	$33.0^{D,b} \pm 1.15$	$36.5^{D,b} \pm 1.00$	$43.5^{D,b} \pm 1.91$	$38.0^{D,a} \pm 1.63$
50	$53.0^{E,b} \pm 2.58$	$57.5^{E,b} \pm 0.57$	$53.5^{E,b} \pm 1.91$	$47.5^{E,b} \pm 2.58$	$44.0^{E,a} \pm 2.82$

: หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน (ABC)

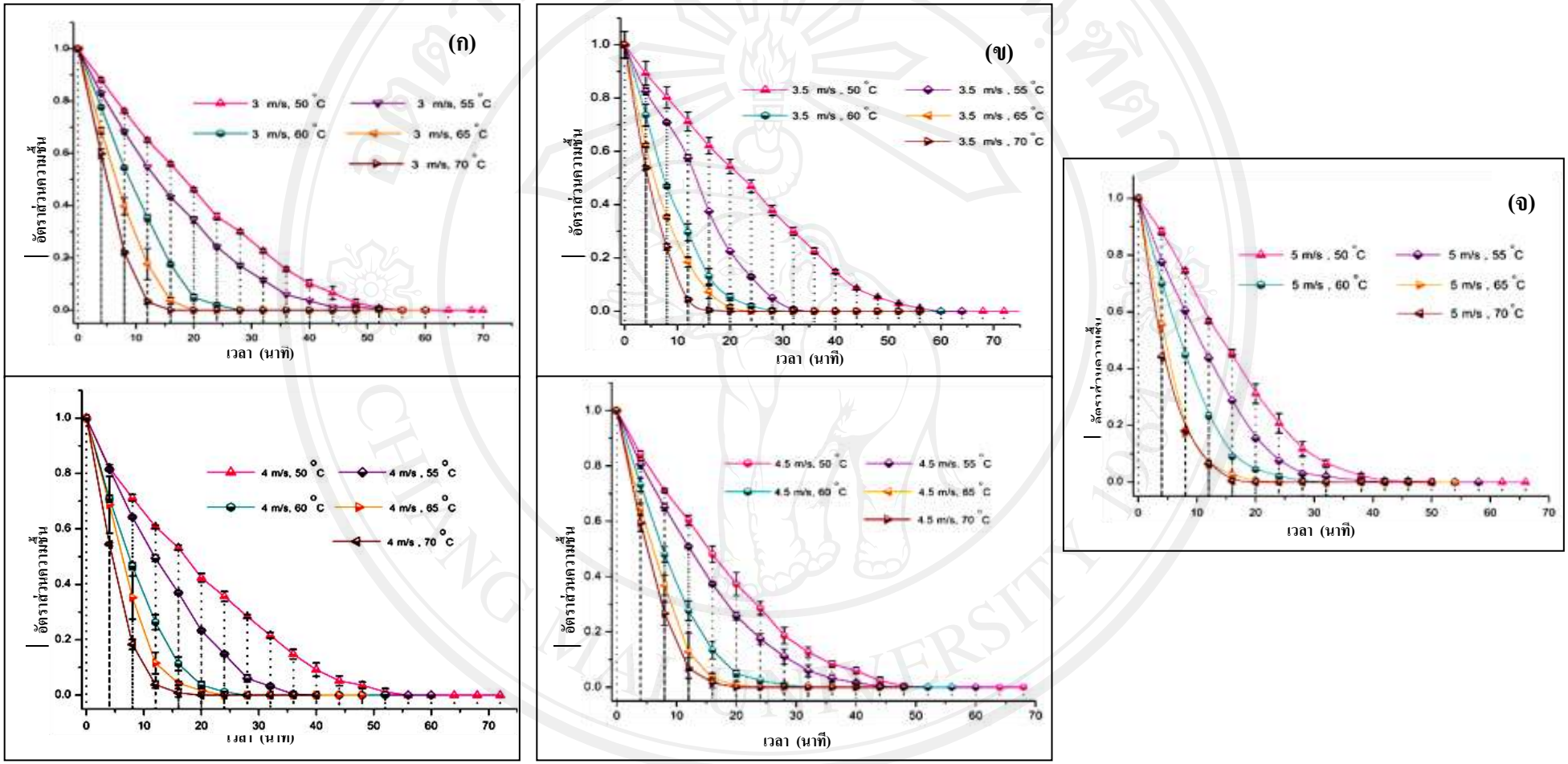
อักษรตัวพิมพ์เล็กกำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน ($p \leq 0.05$) (abc)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.2 ผลของอุณหภูมิและความเร็วลมต่ออัตราส่วนความชื้นของกลีบกุหลาบอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด

การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของกลีบกุหลาบ ระหว่างการอบแห้ง สามารถคำนวณจากน้ำหนักของกลีบกุหลาบที่เปลี่ยนแปลงไป จากการชั่งน้ำหนักทุก ๆ 2 นาทีจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ และเนื่องจากความชื้นในกลีบกุหลาบเริ่มต้นของแต่ละสภาวะที่กำหนดนั้นไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงใช้อัตราส่วนความชื้น ซึ่งมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 1 เสมอ ใช้เพื่อวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิและความเร็วลม (ภาคผนวก ข) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้ง เมื่อกำหนดความเร็วลม 3 m/s ให้คงที่ และพิจารณาความแตกต่างของอุณหภูมิ ดังภาพ 4.2(ก) พบว่าเส้นกราฟที่อุณหภูมิ 70 °C มีความชันกว่าเส้นกราฟอุณหภูมิอื่น และเมื่อเวลาผ่านไป 4 นาที อัตราส่วนความชื้นลดลงเท่ากับ 0.59 ซึ่งอัตราส่วนความชื้นที่อุณหภูมิ 65 60 55 และ 50 °C ที่เวลา 4 นาที ลดลงเท่ากับ 0.68 0.77 0.82 และ 0.88 ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 70 °C เวลาอบแห้งกลีบกุหลาบจนมีอัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0 มีค่าเท่ากับ 18 นาที สั้นกว่าที่อุณหภูมิ 65 60 55และ 50°C ตามลำดับ กล่าวคือ อุณหภูมิมีผลต่ออัตราส่วนความชื้น ทำให้เกิดการถ่ายเทมวลระหว่างกลีบกุหลาบกับความร้อนที่ป้อนเข้าไป ทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มมากขึ้น จนกระทั่งกระบวนการอบแห้งสิ้นสุดลง เช่นเดียวกันเมื่อพิจารณาที่ความเร็วลม 3.5 4 4.5 และ 5 m/s ดังภาพ 4.2(ข) – 4.2(จ) เห็นได้ว่าอุณหภูมิมีผลต่อเวลาการอบแห้ง ยิ่งเพิ่มอุณหภูมิเวลาการอบแห้งยิ่งสั้นลง ต่อมาเมื่อพิจารณาผลของความเร็วลมต่อเวลาการอบแห้ง พบว่า ที่ความเร็วลม 3 3.5 4 และ 4.5 m/s ทำให้อัตราส่วนความชื้นลดลง จนกระทั่งเท่ากับ 0 นั้น ใช้เวลาใกล้เคียงกันในทุก ๆ อุณหภูมิ (70 65 60b 55 และ 50 °C) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่ที่ความเร็วลม 5 m/s พบว่าใช้เวลาสั้นที่สุด แตกต่างจากความเร็วลม 3 3.5 4 และ 4.5 m/s อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่อุณหภูมิ 70°C ความเร็วลม 5 m/s ลดเวลาการอบแห้งสั้นที่สุดใช้เวลาเฉลี่ย 16.5 นาที ดังนั้นความเร็วลมจึงมีผลต่อเวลาการอบแห้งกลีบกุหลาบ ซึ่งทำให้อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ทำให้เกิดการกระจายของความร้อนเป็นไปอย่างทั่วถึง จึงทำให้กลีบกุหลาบสัมผัสกับลมร้อน และเกิดการถ่ายเทมวลระหว่างกันได้เร็วยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาที่ใช้ในการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 55 60 65 และ 70 °C ที่ความเร็วลม (ก) 3 m/s (ข) 3.5 m/s (ค) 4 m/s (ง) 4.5 m/s และ (จ) 5 m/s

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1.3 ผลของอุณหภูมิและความเร็วลมต่อสีของกลีบกุหลาบ

นำกลีบกุหลาบหลังจากผ่านการอบแห้งในสภาวะที่แตกต่างกัน ไปวัดค่าสี L*, a* และ b* ได้ผลดังตาราง 4.3, 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ ค่า L* ซึ่งบ่งบอกถึงความสว่าง พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อน ทำให้กลีบกุหลาบมีสีคล้ำมากขึ้น จากค่า L* ที่ลดลง ซึ่งในช่วงอุณหภูมิ 60 - 70 °C มีค่า L* น้อยกว่า ลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 และ 50 °C ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงกล่าวได้ว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลต่อค่า L* ซึ่งทำให้กลีบกุหลาบหลังจากผ่านการอบแห้งมีสีคล้ำขึ้น ต่อมาเมื่อพิจารณาผลของความเร็วลม พบว่า ความเร็วลมที่ 5 m/s มีค่า L* น้อยกว่าความเร็วลม 4.5 4 3.5 และ 3 m/s ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากความเร็วลมทำให้การกระจายของลมร้อนได้อย่างทั่วถึง ทำให้การถ่ายเทมวลเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น การเพิ่มความเร็วลมจึงมีผลต่อค่า L* ทำให้ลักษณะกลีบกุหลาบที่ปรากฏหลังการอบแห้งนั้น มีสีคล้ำมากยิ่งขึ้น

ตาราง 4.3 ค่า L* ของกลีบกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 -70 °C และความเร็วลม 3 - 5 m/s

อุณหภูมิ	ค่า L*				
(°C)	ความเร็วลม(m/s) 3	3.5	4	4.5	5
70	$25.52^{A,a} \pm 4.12$	$26.11^{A,a} \pm 4.62$	$25.33^{A,a} \pm 3.59$	$24.6^{A,b} \pm 2.83$	$25.95^{A,c} \pm 2.23$
65	$26.71^{A,a} \pm 3.73$	$28.70^{A,a} \pm 4.48$	$23.67^{A,a} \pm 1.99$	$28.08^{A,b} \pm 3.09$	$24.12^{A,c} \pm 3.38$
60	$26.75^{A,a} \pm 3.20$	$27.55^{A,a} \pm 3.43$	$25.85^{A,a} \pm 3.85$	$25.87^{A,b} \pm 1.94$	$24.94^{A,c} \pm 3.21$
55	$32.40^{B,a} \pm 1.21$	$32.09^{B,a} \pm 0.80$	$28.99^{B,a} \pm 0.78$	$28.48^{B,b} \pm 3.76$	$23.34^{B,c} \pm 1.78$
50	$43.64^{C,a} \pm 4.02$	$31.67^{C,a} \pm 1.10$	$29.02^{C,a} \pm 2.62$	$27.54^{C,b} \pm 2.02$	$27.56^{C,c} \pm 1.72$

: หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน (ABC)

อักษรตัวพิมพ์เล็กกำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน ($p \leq 0.05$) (abc)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.4 ค่า a* ของกลีบกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-70 °C และความเร็วลม 3 - 5 m/s

อุณหภูมิ	ค่า a*				
(°C)	ความเร็วลม(m/s) 3	3.5	4	4.5	5
70	$34.61^{B,b}$ ± 1.63	$32.14^{B,a}$ ± 2.20	$34.39^{B,a}$ ± 1.96	$32.30^{B,a}$ ± 1.29	$37.09^{B,b}$ ± 2.43
65	$35.57^{B,b}$ ± 1.49	$31.61^{B,a}$ ± 6.04	$30.52^{B,a}$ ± 0.42	$33.88^{B,a}$ ± 2.50	$33.80^{B,b}$ ±2.82
60	$33.52^{AB,b}$ ±1.93	$31.69^{AB,a}$ ±3.99	$33.64^{AB,a}$ ±2.19	$29.42^{AB,a}$ ±2.10	$34.47^{AB,b}$ ±2.23
55	$28.31^{A,b}$ ± 4.38	$32.23^{A,a}$ ± 2.04	$26.57^{A,a}$ ± 2.75	$34.96^{A,a}$ ± 1.36	$34.16^{A,b}$ ± 3.39
50	$45.75^{C,b}$ ± 3.76	$39.64^{C,a}$ ±3.26	$35.64^{C,a}$ ± 3.09	$36.72^{C,a}$ ± 2.25	$36.66^{C,b}$ ± 2.76

: หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน (ABC)

อักษรตัวพิมพ์เล็กกำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน ($p \leq 0.05$) (abc)

ตาราง 4.5 ค่า b* ของกลีบกุหลาบที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 50-70 °C และความเร็วลม 3 - 5 m/s

อุณหภูมิ	ค่า b*				
(°C)	ความเร็วลม(m/s) 3	3.5	4	4.5	5
70	$2.92^{A,a}$ ± 2.11	$2.21^{A,a}$ ±1.16	$2.98^{A,a}$ ±0.82	$3.02^{A,a}$ ±1.62	$3.05^{A,a}$ ± 1.55
65	$3.57^{AB,a}$ ±1.16	$3.13^{AB,a}$ ±1.16	$3.38^{AB,a}$ ±1.31	$2.68^{AB,a}$ ±1.86	$3.77^{AB,a}$ ±1.00
60	$3.55^{BC,a}$ ±1.37	$4.01^{BC,a}$ ±1.08	$4.28^{BC,a}$ ±1.18	$3.48^{BC,a}$ ±1.80	$4.25^{BC,a}$ ±2.22
55	$4.81^{C,a}$ ± 1.49	$5.07^{C,a}$ ±0.35	$4.74^{C,a}$ ±1.32	$4.23^{C,a}$ ±1.26	$3.39^{C,a}$ ±0.91
50	$6.53^{D,a}$ ± 0.63	$7.27^{D,a}$ ±1.75	$5.43^{D,a}$ ±1.28	$5.16^{D,a}$ ±0.87	$5.17^{D,a}$ ±0.74

: หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน (ABC)

อักษรตัวพิมพ์เล็กกำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน ($p \leq 0.05$) (abc)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.4 พิจารณาค่า a* พบว่า หลังการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C กลีบกุหลาบมีค่า a* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับอุณหภูมิ 55 – 70 °C ซึ่งค่า a* ที่มีค่าเป็นบวกบ่งบอกถึง ค่าความเป็นสีแดงที่ปรากฏ จากการทดลองกลีบกุหลาบมีค่า a* ลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของสีกุหลาบที่เพิ่มมากขึ้น และการอบแห้งกลีบกุหลาบที่ความเร็วลม 3 m/s และ 5 m/s ไม่มีความแตกต่างกันของค่า a* แต่มีความแตกต่างกับความเร็วลมช่วง 3.5 – 4.5 m/s อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้น ผลของอุณหภูมิและความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น หลังจากผ่านการอบแห้ง ค่าความเป็นสีแดงของกลีบกุหลาบจะลดลง และสำหรับค่าความเป็นสีเหลือง (ค่า b* เป็นบวก) และสีน้ำเงิน (ค่า b*เป็นลบ) แสดงดังตาราง 4.5 จะเห็นได้ว่า การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C กลีบกุหลาบมีค่า b*เฉลี่ยมากกว่าอุณหภูมิในช่วง 55 – 70 °C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C มีค่า b* น้อยที่สุด นั้นคือ ค่า b* จะลดลงเมื่ออุณหภูมินั้นสูงขึ้น ทำให้สีของกลีบกุหลาบเข้าใกล้สีน้ำเงิน ส่งผลให้สีของกลีบกุหลาบที่ปรากฏนั้นคล้ำยิ่งขึ้น ส่วนค่า b* ที่ความเร็วลมตั้งแต่ 3 -5 m/s ของกลีบกุหลาบหลังการอบแห้งไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดลอง อุณหภูมิและความเร็วลมมีผลต่ออัตราการอบแห้งของกลีบกุหลาบ และลักษณะที่ปรากฏหลังจากการอบแห้ง ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิจะเห็นได้ชัดเจนมากกว่าความเร็วลม เมื่อพิจารณาเวลาการอบแห้งที่สั้นที่สุด พบว่า ลมร้อนที่อุณหภูมิ 70°C และความเร็วลม 5 m/s ลดเวลาการอบแห้งน้อยที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กับอุณหภูมิ 65, 60 , 55 และ 50°C ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาสีและลักษณะที่ปรากฏหลังจากการอบแห้ง พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของกลีบกุหลาบอบแห้งที่ความเร็วลม 5 m/s มีค่าความสว่างที่ต่ำ (ตาราง 4.3) กล่าวได้ว่าสีของกลีบกุหลาบหลังจากผ่านการอบแห้ง มีสีที่คล้ำขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น และลักษณะกลีบกุหลาบเกิดการแตกและฉีกขาดระหว่างการอบแห้ง เนื่องจากความเร็วลมสูงจึงกระทบกับกลีบกุหลาบที่มีปริมาณความชื้นลดลง จึงแตกหักออกเป็นชิ้น ๆได้ง่าย จึงนำช่วงความเร็วลม 3 m/s ถึง 4.5 m/s มาพิจารณาดังตาราง4.2 พบว่าช่วงความเร็วลมตั้งแต่ 3.0 m/s ถึง 4.5 m/s ไม่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้งกลีบกุหลาบแบบไม่ติดดราฟท์ทิวบ์จนกระทั่งถึงความชื้นสมดุลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เนื่องจากความเร็วลมที่ 5 m/s ทำให้กลีบกุหลาบฉีกขาด จึงพิจารณาในช่วงความเร็วลมที่ 3 ถึง 4.5 m/s ซึ่งจากผลการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จึงเลือกความเร็วลมที่ต่ำสุดเป็นการประหยัดพลังงานและยืดอายุการใช้งานของเครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด ดังนั้นการทดลองสภาวะการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดแบบไม่ติดดราฟท์ทิวบ์ครั้งนี้ คือ ที่อุณหภูมิ 70°C และความเร็วลม 3 m/s เพื่อใช้ในการศึกษาหาความเหมาะสมของดราฟท์ทิวบ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งกลีบกุหลาบในการทดลองตอนที่ 4.2 ต่อไป

4.2 ศึกษาความสูงจากทางเข้าลมร้อน อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของดราฟท์ทิวบ์ (D_{DT}) และทางเข้าลมร้อน (D_0) และความพรุนของดราฟท์ทิวบ์ที่เหมาะสมในการอบแห้งแบบติดดราฟท์ทิวบ์

ข้อเสียเทคนิคสเปาเต็ดเบดยังมีข้อจำกัด คือ ปริมาณของไหล (ลมร้อน)ภายในหอทดลองบริเวณตรงกลางมีมากกว่าบริเวณด้านข้างหอทดลอง ทำให้อนุภาคมักสะสมอยู่บริเวณที่เรียกว่า จุดอับ การถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลกับอนุภาคแต่ละจุดภายในหอทดลองจึงไม่สม่ำเสมอกัน จากงานวิจัยของ Freites and Freire (2001) พบว่า การใช้ดราฟท์ทิวบ์ทำให้เกิดการไหลเวียนของอนุภาคเพิ่มขึ้น การสัมผัสกันระหว่างอนุภาคและลมร้อนดียิ่ง จึงนำมาประยุกต์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งกลีบกุหลาบ

4.2.1 ผลของความสูงจากทางเข้าลมร้อน อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของดราฟท์ทิวบ์ (D_{DT}) และทางเข้าลมร้อน (D_0) ต่อเวลาในการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบสเปาเต็ดเบด

จากการศึกษาอุณหภูมิและความเร็วลมแบบไม่ติดดราฟท์ทิวบ์ที่เหมาะสมในการทดลองตอนที่ 4.1.2 คือ อุณหภูมิ 70 °C และที่ความเร็วลม 3 m/s จากนั้นเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งโดยใช้ดราฟท์ทิวบ์ ทำจาก stainless steel ที่ประดิษฐ์ขึ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดยาว 10.16 ซม. และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง สามารถคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลาง ของดราฟท์ทิวบ์ (D_{DT}) และเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าลมร้อน (D_0) มีขนาดเท่ากับ 9.52 ซม. ในการทดลองนี้มีการแปรผันอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของดราฟท์ทิวบ์ (D_{DT}) และเส้นผ่านศูนย์กลางทางเข้าลมร้อน (D_0) โดยมีค่า D_{DT}/D_0 ดังนี้ 0.26 0.40 0.53 0.66 และ 0.80 และมีความแปรผันระยะความสูงดราฟท์ทิวบ์โดยวัดจากทางเข้าลมร้อน ซึ่งมีค่าดังนี้ 1.27 2.54 3.81 5.08

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6.35 และ 7.62 ซม. จากนั้นนำดราฟท์ทิวบ์ขนาดต่างๆ ทำการทดลอง โดยต้องกำหนดสภาวะภายในหอทดลองที่อุณหภูมิ 70 ^{o}C และความเร็วลม 3 m/s ให้คงที่ ก่อนจะนำกลีบกุหลาบที่หาความชื้นเริ่มต้นมาทดลองศึกษาผลของการติดดราฟท์ทิวบ์ต่อเวลาในการอบแห้ง และบันทึกน้ำหนักทุก ๆ 2 นาทีจนกระทั่งน้ำหนักไม่เปลี่ยนแปลง

จากการทดลองดังตาราง 4.6 พบว่า D_{DT}/D_0 ที่ 0.66 ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เทียบกับ D_{DT}/D_0 เท่ากับ 0.26 0.40 0.53 และ 0.80 ส่วนระยะความสูงจากทางเข้าลมร้อน ดราฟท์ทิวบ์ที่มีระยะห่างจากทางเข้าลมร้อนที่ 6.35 ซม. สามารถลดเวลาในการอบแห้งสั้นที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กล่าวคือ D_{DT}/D_0และ ความสูงจากทางเข้าลมร้อนของดราฟท์ทิวบ์มีผลต่อเวลาในการอบแห้ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Takeuchi 2008 ในการใช้ดราฟท์ทิวบ์ทำให้ทิศทางการไหลมีความเป็นระเบียบมากขึ้นจึงสามารถขจัดจุดอับ การลดความชื้นของอนุภาคจึงเป็นไปอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอส่งผลให้อัตราการถ่ายเทมวลเพิ่มขึ้น

ผลจากการทดลองระยะความสูงจากทางเข้าลมร้อนที่เหมาะสมที่สุดคือ 6.35 ซม. ซึ่งพบว่าหากความสูงจากทางเข้าลมร้อนต่ำกว่านี้อาจไม่เพียงพอต่อการนำพากลีบกุหลาบเข้าไปในดราฟท์ทิวบ์ ซึ่งกลีบกุหลาบที่ตกลงมาสู่ฐานของหอทดลองจะต้องถูกนำพาด้วยความเร็วลมผ่านเข้าไปในดราฟทิวบ์อีกครั้ง แต่หากระยะความสูงของดราฟท์ทิวบ์จากทางเข้าลมร้อนน้อยเกินไป อาจทำให้กลีบกุหลาบไม่สามารถถูกนำเข้าไปในดราฟท์ทิวบ์อย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง เมื่อเทียบกับความสูงจากทางเข้าลมร้อนที่เหมาะสม

สำหรับค่า D_{DT}/D_0 ของดราฟท์ทิวบ์ที่เหมาะสมในการทดลองครั้งนี้ คือ 0.66 ซึ่งหากดราฟท์ทิวบ์มีขนาดเล็กเกินไป อาจทำให้ไม่สามารถนำกลีบกุหลาบเข้าไปในดราฟท์ทิวบ์อย่างสม่ำเสมอตามลำหรือกระแสลมร้อนที่กำหนดเข้าไป เช่นเดียวกับในกรณีที่ขนาด ดราฟท์ทิวบ์ใหญ่เกินไปจะทำให้ส่วนที่เป็นลำของลมร้อนนั้นมีขนาดใกล้เคียงกับทางเข้าลมร้อน ซึ่งจะไม่เกิดความแตกต่างระหว่างการใช้หรือไม่ใช้ดราฟท์ทิวบ์นั่นเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.6 เวลาที่ใช้ในการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดแบบติดดราฟท์ทิวบ์มีความแตกต่างระหว่าง D_{DT}/D_0 และความสูงของทางเข้าลมร้อน (ซม.)

	เวลา (นาที)					
D_{DT}/D_0	ความสูง (ซม.) 1.27	2.54	3.81	5.08	6.35	7.62
0.26	$17.0^{B,b}$±2.00	$17.0^{B,b}$±1.15	$17.5^{B,b}$±1.00	$16.5^{B,b}$±1.00	$16.5^{B,a}$±1.00	$16.5^{B,a}$±1.00
0.40	$17.0^{B,b}$±1.15	$17.0^{B,b}$±2.00	$17.0^{B,b}$±2.00	$17.5^{B,b}$±1.91	$16.0^{B,a}$±0.00	$17.5^{B,b}$±1.00
0.53	$16.0^{B,b}$±1.00	$16.0^{B,b}$±1.63	$17.5^{B,b}$±1.00	$16.0^{B,b}$±0.00	$17.0^{B,a}$±1.51	$16.5^{B,b}$±1.00
0.66	$17.5^{A,b}$±1.91	$17.0^{A,b}$±1.15	$17.0^{A,b}$±1.15	$16.0^{A,b}$±1.63	$15.5^{A,a}$±1.00	$16.0^{A,b}$±0.00
0.80	$17.5^{B,b}$±1.00	$17.0^{B,b}$±1.15	$18.0^{B,b}$±0.00	$17.0^{B,b}$±1.15	$16.5^{B,a}$±1.00	$17.0^{B,b}$±1.15

: หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน (ABC)
อักษรตัวพิมพ์เล็กกำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน ($p \leq 0.05$) (abc)

4.2.2 ผลของดราฟท์ทิวบ์ที่มีรูพรุนต่อเวลาในการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบสเปาเต็ดเบด

การพัฒนาเทคนิคสเปาเต็ดเบดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการอบแห้งนักวิจัยทำการพัฒนาเทคนิคนี้เป็นไปอย่างแพร่หลาย และพบว่า การเพิ่มรูพรุนให้กับดราฟท์ทิวบ์ให้เหมาะสมนั้น สามารถทำให้ลมร้อนสัมผัสกับอนุภาคได้ดีกว่าดราฟท์ทิวบ์ที่ไม่มีรูพรุน จากการทดลองสภาวะเหมาะสมของขนาดดราฟท์ทิวบ์ที่ได้จากการทดลอง 4.2.1 คือ D_{DT}/D_0 เท่ากับ 0.66 และระยะความสูงจากทางเข้าลมร้อนของดราฟท์ทิวบ์ เท่ากับ 6.35 ซม. ทำการเพิ่มความพรุนให้กับดราฟท์ทิวบ์จากคำนวณพื้นที่ทั้งหมดของดราฟท์ทิวบ์กับพื้นที่วงกลมสำหรับเจาะเป็นรู ซึ่งมีขนาด 0.56 ตร.ซม. คิดเป็น 0.27% ของพื้นที่ทั้งหมดของดราฟท์ทิวบ์ เมื่อกลีบกุหลาบสดมาทดลองศึกษาผลของ % ความพรุนของดราฟท์ทิวบ์ตั้งแต่ 10 – 50 % กับเวลาในการอบแห้ง โดยบันทึกน้ำหนักกลีบกุหลาบที่เปลี่ยนแปลงไปทุก ๆ 2 นาที จนกระทั่งน้ำหนักคงที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตาราง 4.7 ผลการทดลองของดราฟท์ทิวบ์ที่มีรูพรุนสามารถลดเวลาในการอบแห้งได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งความพรุนของดราฟท์ทิวบ์ที่ 30% และ 40% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงพิจารณาเวลาในการอบแห้งที่สั้นที่สุดคือดราฟท์ทิวบ์ที่มีความพรุน 30% ในการลดเวลาการอบแห้งกลีบกุหลาบ จากการทดลอง พบว่าการใช้ดราฟท์ทิวบ์ที่มีความพรุน 10% และ20% ใช้เวลาในการอบแห้งมากกว่าความพรุนที่ 30 % อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการกระจายตัวของของไหลในแนวรัศมีมีน้อย จึงทำให้การสัมผัสและการถ่ายเทมวลเพิ่มมากขึ้นตามรัศมีรูพรุน และเมื่อดราฟท์ทิวบ์มีความพรุนที่เพิ่มขึ้น เห็นได้ว่าความพรุนที่ 50 % ใช้เวลาการอบแห้งมากกว่าความพรุนที่ 30 % และ 40 % ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งความพรุนที่มากเกินความเหมาะสมทำให้ลมร้อนกระจายตัวไปในแนวรัศมีมากเกินไปด้วยลมร้อนจึงนำพากลีบกุหลาบขึ้นมีปริมาณน้อยและส่งผลต่อการไหลเวียนกระแสลมร้อนที่จะนำพากลีบกุหลาบเป็นไปอย่างไม่มีแบบแผน ดังนั้นการเพิ่มรูพรุนให้กับดราฟท์ทิวบ์มีผลต่อเวลาในการอบแห้งกลีบกุหลาบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ishikura (2003) การใช้ดราฟท์ทิวบ์แบบมีรูพรุนทำให้กระจายลมร้อนไปในแนวรัศมีจึงมีอัตราการแพร่กระจายของอนุภาคนั้นเพิ่มมากขึ้นตามรัศมีของรูพรุน ซึ่งดราฟท์ทิวบ์แบบไม่มีรูพรุนจะไปขัดขวางการไหลผ่านของของไหลสู่อนุภาค

ตาราง 4.7 เวลาที่ใช้ในการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดแบบติดดราฟท์ทิวบ์ที่มีความแตกต่างของ % ความพรุนของดราฟท์ทิวบ์

% ความพรุนของดราฟท์ทิวบ์	เวลา (นาที)
10	$17.0^{B} \pm 1.15$
20	$16.5^{B} \pm 1.00$
30	$14.5^{A} \pm 1.00$
40	$16.0^{A} \pm 1.63$
50	$17.0^{B} \pm 1.15$

: หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน ($p \leq 0.05$) (ABC)

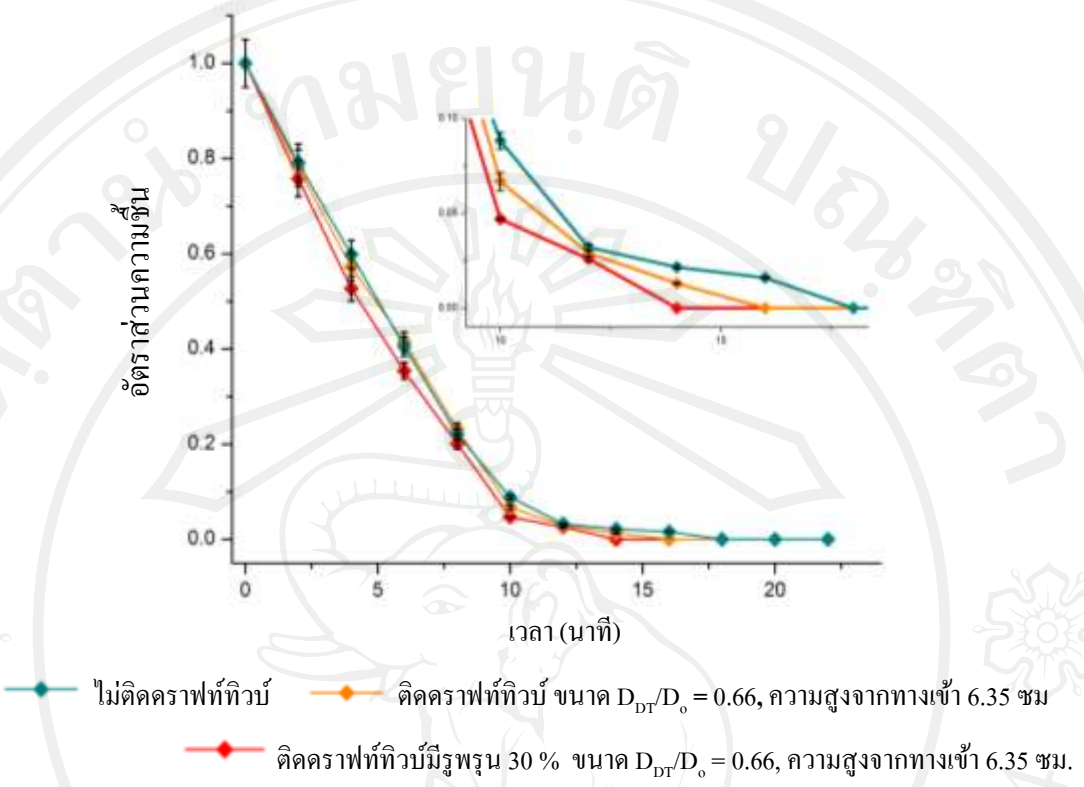
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2.3 ผลของการติดดราฟท์ทิวบ์แบบมีรูพรุนและไม่มีรูพรุนต่ออัตราส่วนความชื้นระหว่างการอบแห้งกลีบกุหลาบ

จากการทดลองผลของการติดดราฟท์ทิวบ์ที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุนต่อเวลาในการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยสภาวะอุณหภูมิและความเร็วลมคงที่ การติดดราฟท์ทิวบ์แบบมีรูพรุนลดเวลาการอบแห้งได้ดีขึ้น และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้ง ดังภาพ 4.3 พบว่า อัตราส่วนความชื้นการติดดราฟท์ทิวบ์แบบมีรูพรุนอบแห้งกลีบกุหลาบช่วงเวลาที่ 2 -14 นาที อัตราส่วนความชื้นลดลงจนกระทั่งอัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0 มีความชันของกราฟมากกว่าความชันของเส้นกราฟของกลีบกุหลาบอบแห้งด้วยการติดดราฟท์ทิวบ์แบบไม่มีรูพรุน และแบบไม่ติดดราฟท์ทิวบ์ ตามลำดับ กล่าวคือ การเพิ่มประสิทธิภาพในการอบแห้งโดยการติดดราฟท์ทิวบ์แบบมีรูพรุนทำให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างลมร้อนและกลีบกุหลาบดีขึ้น เนื่องจากความพรุนที่ผ่านดราฟท์ทิวบ์ไปยังกลีบกุหลาบเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่า ดราฟท์ทิวบ์ที่ไม่มีรูพรุน

จากการทดลองผลของการติดดราฟท์ทิวบ์แบบมีรูพรุนและไม่มีรูพรุน ในการอบแห้งกลีบกุหลาบใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C และความเร็วลม 3 m/s เวลาในการอบแห้งของดราฟท์ทิวบ์ทั้ง 2 แบบเฉลี่ยมีความใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเวลาการอบแห้งแบบไม่ติดดราฟท์ทิวบ์อบแห้งกลีบกุหลาบจนกระทั่งอัตราส่วนความชื้นเท่ากับ 0 ใช้เวลาอบแห้งเฉลี่ย 18 นาที และเมื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งโดยใช้ดราฟท์ทิวบ์แบบมีรูพรุนลดเวลาการอบแห้ง ซึ่งใช้เวลาอบแห้งเฉลี่ย 14.5 นาที คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ในการลดเวลาการอบแห้งเมื่อเทียบกับการอบแห้งแบบไม่ติดดราฟท์ทิวบ์เท่ากับ 19.44% ดังนั้นการติดดราฟท์ทิวบ์แบบมีรูพรุนจึงมีผลต่อการลดเวลาการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.3 อัตราส่วนความชื้นระหว่างการอบแห้งกลีบกุหลาบเทคนิคสเปาเต็ดเบด แบบไม่ติดดราฟท์ทิวบ์, ติดดราฟท์ทิวบ์ และดราฟท์ทิวบ์ที่มีรูพรุน

4.2.4 ผลของการติดดราฟท์ทิวบ์ไม่มีรูพรุนและมีรูพรุนต่อสีของกลีบกุหลาบหลังการอบแห้ง

จากการทดลองผลของการอบแห้งเทคนิคสเปาเต็ดเบดที่ใช้ดราฟท์ทิวบ์แบบไม่มีรูพรุนและมีรูพรุน ดราฟท์ทิวบ์มีขนาด D_{DT}/D_0 = 0.66 และความสูงจากทางเข้าลมร้อน 6.35 ซม. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องสเปาเต็ดเบดได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับแบบไม่ติดดราฟท์ทิวบ์ และเมื่อเพิ่มรูพรุนให้กับดราฟท์ทิวบ์ พบว่า ดราฟท์ทิวบ์ที่มีความพรุน 30% ลดเวลาการอบแห้งกลีบกุหลาบเร็วกว่าแบบดราฟท์ทิวบที่ไม่มีรูพรุน จึงนำกลีบกุหลาบที่อบแห้งแบบการติดดราฟท์ทิวบ์ที่มีรูพรุนและไม่มีรูพรุน วัดค่าสี L*, a* และ b* เพื่อศึกษาผลของความพรุนที่เพิ่มให้กับดราฟท์ทิวบ์ต่อสีที่เปลี่ยนแปลงไปจากสีกลีบกุหลาบเริ่มต้น เนื่องจากค่าสีของกุหลาบเริ่มต้นของสภาวะการติดดราฟท์ทิวบ์แบบไม่มีรูพรุนและมีรูพรุนไม่เท่ากัน จึงเปรียบเทียบค่าสีที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลี่ยนแปลงหลังการอบแห้งกับค่าสีของกลีบกุหลาบเริ่มต้น ดังตาราง 4.8 ค่าΔE ของสีกลีบกุหลาบอบแห้งแบบดราฟท์ทิวบ์ไม่มีรูพรุนใกล้เคียงกับแบบมีรูพรุน กล่าวคือ สีกลีบกุหลาบที่เปลี่ยนแปลงหลังจากการอบแห้งด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดที่ติดดราฟท์ทิวบ์แบบไม่มีรูพรุนและมีรูพรุน เนื่องจากสีที่เปลี่ยนแปลงตัวแปรสำคัญคืออุณหภูมิ ซึ่งลมร้อนที่กำหนดเข้าไปในเครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบดมีอุณหภูมิ 70 °C ตลอดการทดลองผลของอบแห้งแบบติดดราฟท์ทิวบ์ ทั้ง 2 แบบ ค่า ΔE มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 4.8 ผลของการติดดราฟท์ทิวบ์แบบไม่มีรูพรุนและมีรูพรุน ต่อค่าสีของกลีบกุหลาบหลังผ่านการอบแห้ง

ค่าสี	ดราฟท์ทิวบ์แบบไม่มีรูพรุน		ดราฟท์ทิวบ์แบบมีรูพรุน	
	กลีบกุหลาบแห้ง	กลีบกุหลาบสด	กลีบกุหลาบแห้ง	กลีบกุหลาบสด
L*	27.46 ± 6.36	48.36 ± 9.72	34.32 ± 6.48	46.87 ± 11.06
a*	37.33 ± 6.04	61.21 ± 3.53	45.26 ± 4.66	63.91 ± 5.17
b*	3.79 ± 2.76	39.74 ± 5.88	6.21 ± 3.57	45.43 ± 6.58
ΔE	48.21^{A} ± 6.34	0	45.20^{A} ± 4.98	0

: หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน ($p \leq 0.05$) (ABC)

4.3 การศึกษาขนาดและปริมาณของลูกปัดพลาสติกแบบธรรมดาและแบบเคลือบโลหะ

การศึกษาผลการใช้ลูกปัดพลาสติกแบบธรรมดา และลูกปัดพลาสติกแบบเคลือบโลหะ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 0.59 และ 0.78 ซม. จากการวิเคราะห์ผลดังตาราง 4.9 การใช้ลูกปัดพลาสติกแบบเคลือบโลหะเพื่อศึกษาการลดเวลาในการอบแห้งกลีบกุหลาบนั้น พบว่า ขนาดลูกปัดพลาสติก (D_i) 0.59 ซม. สามารถลดเวลาการอบแห้งกลีบกุหลาบดีกว่า ลูกปัดพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 ซม. และ 0.78 ซม. มีความแตกต่างออย่างนัยสำคัญ แต่ขนาดลูกปัดพลาสติกเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.30 ซม. และ 0.78 ซม. ไม่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แล้วพิจารณาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเม็ดพลาสติกต่อน้ำหนักกลีบกุหลาบก่อนอบแห้ง พบว่า 30 wt% สามารถลด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เวลาในการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นขนาดและปริมาณที่เหมาะสมในการใช้ลูกปัดพลาสติกแบบเคลือบโลหะ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.53 ซม. และ 30 wt%

ตาราง 4.9 เวลาที่ใช้ในการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดแบบติดดราฟท์ทิวบ์มีรูพรุน ที่มีความแตกต่างระหว่างขนาดลูกปัดพลาสติกชนิดเคลือบผิวด้วยโลหะ (D_i) และ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเม็ดพลาสติกต่อน้ำหนักกลีบกุหลาบก่อนอบแห้ง (%wt)

D_i	เวลา (นาที)					
(ซม.)	wt%	10	20	30	40	50
0.30		$16.0^{B,ab}$ ±1.63	$15.5^{B,ab}$ ±1.00	$15.5^{B,a}$ ±1.00	$15.5^{B,ab}$ ±1.00	$16.0^{B,b}$ ±1.63
0.59		$15.0^{A,ab}$ ±1.15	$15.0^{A,ab}$ ±1.15	$14.0^{A,a}$ ±0.00	$15.0^{B,ab}$ ±1.15	$15.5^{A,b}$ ±1.00
0.78		$15.5^{B,ab}$ ±1.00	$15.5^{B,ab}$ ±1.15	$15.0^{B,a}$ ±1.15	$16.0^{B,ab}$ ±0.00	$16.5^{B,b}$ ±1.00

: หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน (ABC)

อักษรตัวพิมพ์เล็กกำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน ($p \leq 0.05$) (abc)

ผลของการใช้ลูกปัดพลาสติกแบบธรรมดา พบว่า ขนาดลูกปัดพลาสติก (D_i) และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักลูกปัดพลาสติกต่อน้ำหนักกลีบกุหลาบก่อนอบแห้ง ที่ลดเวลาในการอบแห้งลงอย่างมีนัยสำคัญคือ 40 wt% แล 0.59 cm ตามลำดับ (ดังตาราง 4.10) จากการทดลองเห็นว่าทั้งขนาดและปริมาณของลูกปัดพลาสติก มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการลดเวลาในการอบแห้ง ดังผลการทดลองที่ปรากฏ เมื่อพิจารณาปริมาณของลูกปัดพลาสติกที่พอเหมาะ คือ 30 %wt เนื่องจากหากใส่ลูกปัดพลาสติกน้อยเกินไป อาจไม่เพียงพอต่อการทำให้กระแสลมร้อนที่ไหลผ่านเกิดการปั่นป่วน และหากใส่มากไปจะทำให้กระแสลมร้อนเกิดการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปกับความดันลดที่เพิ่มขึ้นจากน้ำหนักของลูกปัดพลาสติกที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการไหลเวียนและการถ่ายเทความร้อนจึงลดลงได้ ในส่วนของผลกระทบด้านคุณภาพสีกลีบกุหลาบต่อการเพิ่มอนุภาคเฉื่อยระหว่างลูกปัดทั้งสองชนิดดังตาราง 4.11 พบว่า ค่า ΔE มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสีของกลีบกุหลาบซึ่งเกิดจากการสูญเสียความชื้นจากลมร้อนที่ป้อนเข้าไปทำให้เกิดการเสียสมดุลของน้ำทำให้เกิด bluing ขึ้นทำให้สีกลีบกุหลาบเปลี่ยนแปลงจากสีแดงเป็นสีม่วง การเพิ่มลูกปัดพลาสติกแบบเคลือบโลหะจึงทำให้สีของกลีบกุหลาบเปลี่ยนแปลงมากกว่าลูกปัดพลาสติกธรรมดา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.10 เวลาที่ใช้ในการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดแบบติดดราฟท์ทิวบ์มีรูพรุน และมีความแตกต่างระหว่างขนาดลูกปัดพลาสติกชนิดธรรมดา (D_i) และ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักลูกปัดพลาสติกต่อน้ำหนักกลีบกุหลาบก่อนอบแห้ง (%wt)

D_i (cm)	เวลา (นาที)				
	wt% 10	20	30	40	50
0.30	$16.5^{AB,b} \pm 1.91$	$17.0^{AB,b} \pm 1.15$	$16.5^{AB,ab} \pm 1.00$	$15.0^{AB,a} \pm 1.15$	$16.5^{AB,ab} \pm 1.00$
0.59	$16.0^{A,b} \pm 1.63$	$16.0^{A,b} \pm 0.00$	$15.0^{A,ab} \pm 1.00$	$14.5^{A,a} \pm 1.00$	$16.0^{A,ab} \pm 1.63$
0.78	$16.5^{B,b} \pm 1.15$	$16.5^{B,b} \pm 1.00$	$16.0^{B,ab} \pm 1.63$	$16.5^{B,a} \pm 1.00$	$16.5^{B,ab} \pm 1.00$

: หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกัน (ABC)

อักษรตัวพิมพ์เล็กกำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน ($p \leq 0.05$) (abc)

ตาราง 4.11 ผลของการใช้ลูกปัดพลาสติกแบบธรรมดาและแบบเคลือบโลหะ ต่อค่าสีของกลีบกุหลาบหลังผ่านการอบแห้ง

ค่าสี	แบบธรรมดา		แบบเคลือบโลหะ	
	กลีบกุหลาบแห้ง	กลีบกุหลาบสด	กลีบกุหลาบแห้ง	กลีบกุหลาบสด
L*	31.62 ± 3.32	40.75 ± 4.61	34.26 ± 4.04	43.57 ± 5.00
a*	40.81 ± 1.99	55.32 ± 0.49	41.58 ± 1.22	41.58 ± 3.72
b*	3.32 ± 3.35	28.09 ± 1.54	5.41 ± 3.90	31.08 ± 5.56
ΔE	$53.38^{A} \pm 2.95$	0	$56.43^{B} \pm 3.05$	0

: หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน ($p \leq 0.05$) (ABC)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

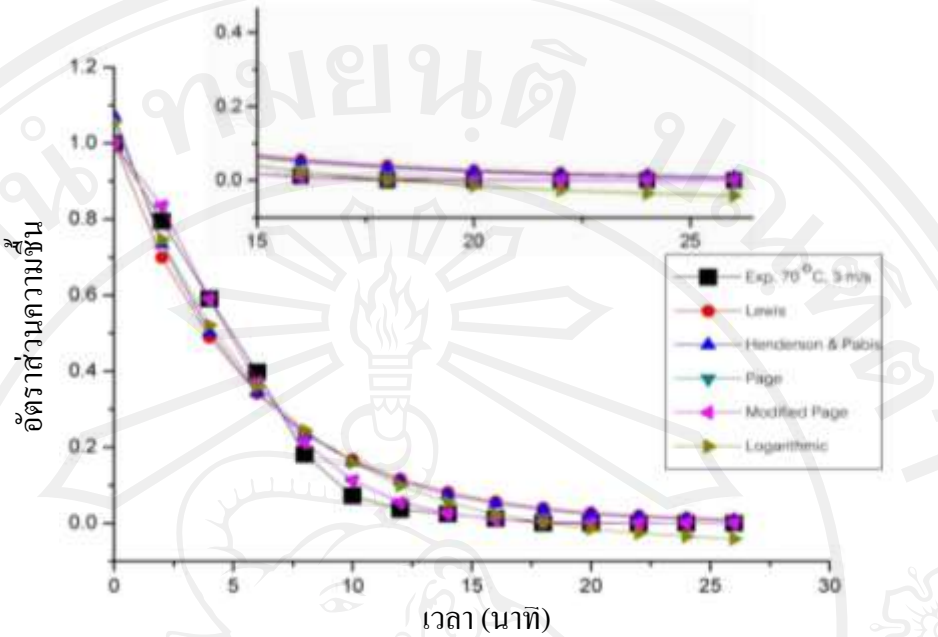
4.4 ศึกษาแบบจำลองที่สามารถทำนายจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชื้นของกลีบกุหลาบได้ดีที่สุด

จากการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบสเปาเต็ดเบด นำอัตราส่วนความชื้น จากการคำนวณความชื้นน้ำหนักแห้งที่เปลี่ยนแปลงทุก ๆ 2 นาที จนกระทั่งความชื้นคงที่ ผลการทดลองสภาวะที่ดีที่สุด การใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 3 m/s และผลการติดดราฟท์ทิวบ์แบบมีรูพรุน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้ง และการใช้อนุภาคเฉื่อย ในการทดลองนี้ใช้ลูกปัดพลาสติกแบบเคลือบโลหะที่มีขนาดและปริมาณ (0.59 ซม., 30 %wt) ที่มีประสิทธิลดเวลาการอบแห้งกลีบกุหลาบสั้นที่สุด นำอัตราส่วนความชื้นระหว่างการอบแห้งแต่ละสภาวะหาแบบจำลองที่สามารถทำนายจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชื้นของกลีบกุหลาบได้ดีที่สุด เมื่อใช้แบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลอง เพื่อทำนายจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชื้นของกลีบกุหลาบ และหาค่าคงที่ต่าง ๆ (a, c, n, k) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ (Origin 7.5) ทำการการประเมินจากค่าทางสถิติ 3 ค่า คือ R^2 ที่สูงที่สุด และค่า χ^2 และ RMSE ต่ำที่สุด จากข้อมูลการทดลองสภาวะที่อุณหภูมิและความเร็วที่เหมาะสม คือ 70 °C และ 3 m/s ดังตาราง 4.12 และภาพ 4.4 แสดงการใช้แบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลอง ทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดแบบไม่ติดดราฟทิวบ์ที่อุณหภูมิ 70 °C และความเร็วลม 3 m/s

ตาราง 4.12 แสดงค่าคงที่และค่าทางสถิติของแบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลอง เพื่อทำนายจลนพลศาสตร์ การอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบสเปาเต็ดเบดแบบไม่ติดดราฟทิวบ์ ที่อุณหภูมิ 70 °C และความเร็วลม 3.0 m/s

แบบจำลอง	ค่าคงที่				ค่าทางสถิติ		
	a	c	n	k	R^2	χ^2	RMSE
Lewis	-	-	-	0.179	0.967	0.004	0.013
Henderson & Pabis	1.072	-	-	- 0.189	0.972	0.003	0.016
Page	-	-	1.547	0.062	0.997	0.000	0.008
Modified Page	-	-	1.551	0.166	0.997	0.000	0.003
Logarithm	-0.056	1.113	-	0.164	0.980	0.003	0.018

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



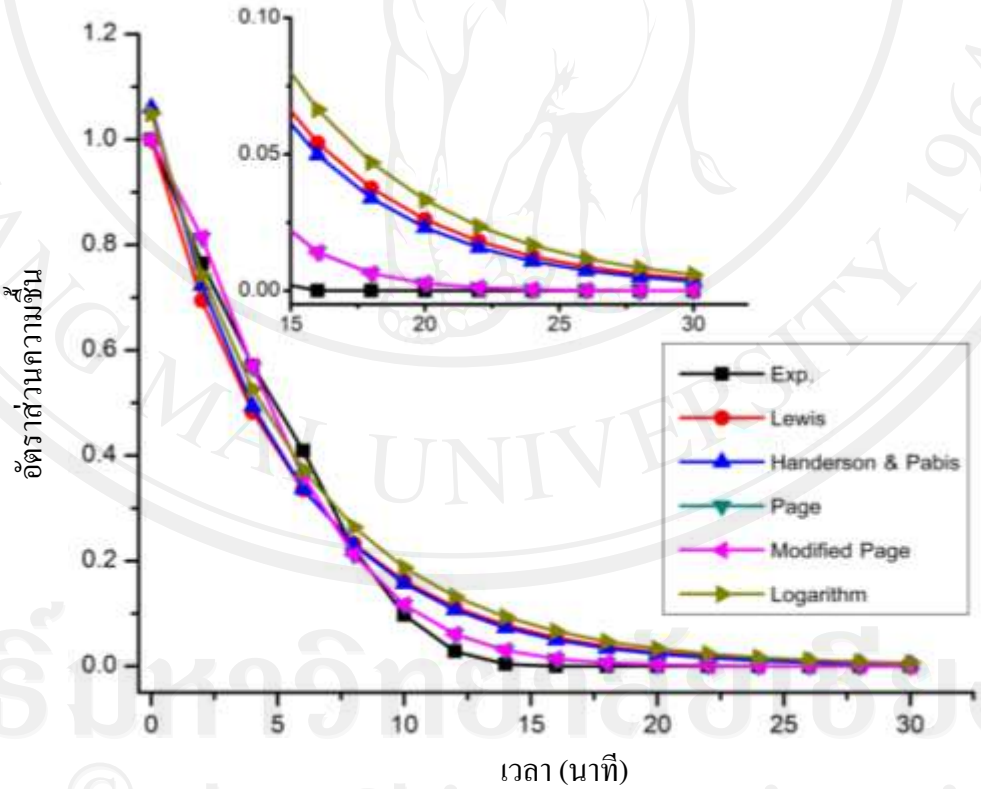
ภาพ 4.4 แบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลอง ที่ใช้ในการทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบสเปาเต็ดเบดแบบไม่ติดดราฟทิวบ์ กำหนดลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C และความเร็วลม 3 m/s

ในส่วนของผลการทดลองหาความเหมาะสมของขนาด ระยะความสูงจากทางเข้าลมร้อน และความพรุนของดราฟท์ทิวบ์ พบว่า แบบจำลองที่ดีที่สุดคือ แบบจำลองของเพจที่มีการปรับปรุง ซึ่งในการใช้แบบจำลองทำนายจลนพลศาสตร์การเปลี่ยนแปลงความชื้นของกลีบกุหลาบในสภาวะการใช้ดราฟท์ทิวบ์ที่มีรูพรุน (ตาราง 4.13) และการใช้อนุภาคเฉื่อยหรือในที่นี้ใช้ลูกปัดพลาสติก (ตาราง 4.14) ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน คือ แบบจำลองของเพจที่มีการปรับปรุงเป็นแบบจำลองที่ทำนายการเปลี่ยนแปลงความชื้นได้ดีที่สุด ซึ่งพิจารณาด้วยค่าการประเมินทางสถิติทั้ง 3 ค่า ได้แก่ ค่า R^2 สูงที่สุด 0.994 ค่า χ^2 0.001 และ ค่า RMSE ต่ำที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.13 ค่าคงที่และค่าทางสถิติของแบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลอง เพื่อทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องสเปาเต็ดเบดแบบติดดราฟทิวบ์ ขนาด (D_{DT}/D_o) เท่ากับ 0.66 และความสูงจากทางเข้าลมร้อนเท่ากับ 6.35 ซม. ที่ความพรุนของดราฟทิวบ์เท่ากับ 30%

แบบจำลอง	ค่าคงที่				ค่าทางสถิติ		
	a	c	n	k	R^2	χ^2	RMSE
Lewis	-	-	-	0.182	0.974	0.003	0.011
Henderson & Pabis	1.060	-	-	-0.191	0.977	0.003	0.014
Page	-	-	1.454	0.075	0.995	0.001	0.010
Modified Page	-	-	1.458	0.169	0.995	0.001	0.004
Logarithm	-0.038	1.088	-	0.173	0.982	0.015	0.015



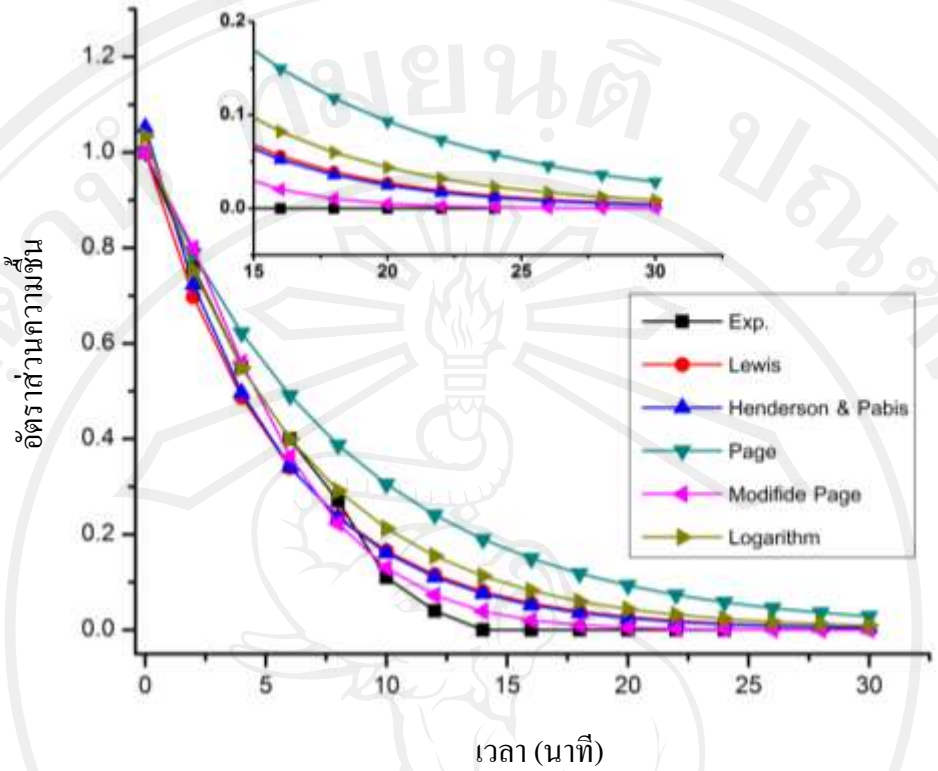
ภาพ 4.5 แบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลอง ที่ใช้ในการทำนายจลนพลศาสตร์ การอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบดอุณหภูมิ 70 °C และความเร็วลม 3 m/s : ติดดราฟท์ทิวบ์ ขนาด D_{DT}/D_o เท่ากับ 0.66 และความสูงจากทางเข้าลมร้อนเท่ากับ 6.35 ซม. มีความพรุนของดราฟท์ทิวบ์ เท่ากับ 30%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.14 ค่าคงที่และค่าทางสถิติของแบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลอง เพื่อทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องสเปาเต็ดเบดแบบติดดราฟทิวบ์ขนาด D_{DT}/D_o เท่ากับ 0.66 และความสูงจากทางเข้าลมร้อนเท่ากับ 6.35 ซม. ที่ความพรุนของดราฟทิวบ์เท่ากับ 30% เพิ่มลูกปัดพลาสติกแบบเคลือบผิวโลหะขนาด 0.59 cm และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเม็ดพลาสติกต่อน้ำหนักกลีบกุหลาบก่อนอบแห้ง ที่ 30 %wt

แบบจำลอง	ค่าคงที่				ค่าทางสถิติ		
	a	c	n	k	R^2	χ^2	RMSE
Lewis	-	-	-	0.180	0.975	0.003	0.011
Henderson & Pabis	1.052	-	-	- 0.188	0.978	0.003	0.014
Page	-	-	1.373	0.086	0.994	0.001	0.014
Modified Page	-	-	1.373	0.168	0.994	0.001	0.005
Logarithm	-0.066	1.100	-	0.158	0.987	0.012	0.015

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.6 แบบจำลองทั้ง 5 แบบจำลอง ที่ใช้ในการทำนายจลนพลศาสตร์การอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบสเปาเต็ดเบตกำหนดลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 °C และความเร็วลม 3 m/s : ติดดราฟท์ทิวบ์ขนาด D_{DT}/D_o เท่ากับ 0.66 และความสูงจากทางเข้าลมร้อนเท่ากับ 6.35 ซม. มีความพรุนของดราฟท์ทิวบ์เท่ากับ 30% เพิ่มลูกปัดพลาสติกแบบเคลือบโลหะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.59 cm และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเม็ดพลาสติกต่อน้ำหนักกลีบกุหลาบก่อนอบแห้งที่ 30 %wt

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ศึกษาการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบพลังแสงอาทิตย์

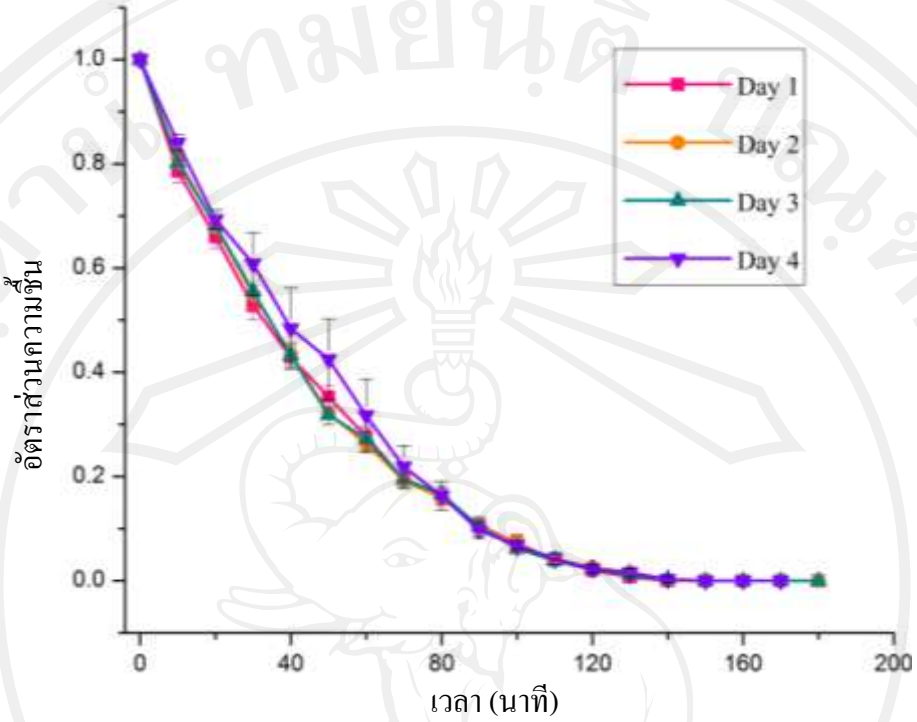
4.5.1 เวลาในการอบแห้งกลีบกุหลาบจากเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์

อบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์จนกระทั่งน้ำหนักของกลีบกุหลาบไม่เปลี่ยนแปลง ชั่งน้ำหนักหลังจากการอบแห้งทุก 10 นาที จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ แล้วนำมาคำนวณหาความชื้น และอัตราส่วนความชื้นกลีบกุหลาบ พบว่า การอบแห้งกลีบกุหลาบในวันที่ 1 ถึงวันที่ 4 มีอุณหภูมิภายในเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ระหว่าง 38 – 40°C และกลีบกุหลาบมีความชื้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้งอยู่ในช่วง 77.32 - 80.61% (มาตรฐานเปียก)
อบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ช่วงเวลา 12.00 น. ถึง 15.30 น. ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้งจนถึงความชื้นสมดุลที่ได้ พบว่า ตั้งแต่วันที่ 1 ถึง วันที่ 4 ใช้เวลาการอบแห้งดังนี้

- วันที่ 16 มกราคม 2552 ใช้เวลาเฉลี่ย 2 ชั่วโมง 10 นาที
- วันที่ 20 มกราคม 2552 ใช้เวลาเฉลี่ย 2 ชั่วโมง 18.75 นาที
- วันที่ 22 มกราคม 2552 ใช้เวลาเฉลี่ย 2 ชั่วโมง 18.75 นาที
- วันที่ 23 มกราคม 2552 ใช้เวลาเฉลี่ย 2 ชั่วโมง 20 นาที

เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถอบแห้งกลีบกุหลาบปริมาณ 10 กรัม ใช้เวลาเฉลี่ย 2 ชั่วโมง 17 นาที จากการทดลองอบแห้งทั้งหมด 4 วัน ดังภาพ 4.7 เมื่อเวลาอบแห้งผ่านไป 30 นาที อัตราส่วนความชื้นลดลงเฉลี่ยเท่ากับ 0.67 ใช้เวลาแตกต่างจากการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด เนื่องจากเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ใช้กับเทคนิคสเปาเต็ดเบดซึ่งเท่ากับ 70 °C คงที่ตลอดการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาการอบแห้งกับอัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ในวันที่ 1 ถึง วันที่ 4

4.5.2 การเปรียบเทียบคุณภาพสีหลังการอบกลีบกุหลาบด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด

ก่อนการกลีบกุหลาบอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์และอบแห้งด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดนำมาวัดสีเริ่มต้น จากนั้นนำกลีบกุหลาบอบแห้งจนความชื้นมีค่าเท่ากันทั้งสองวิธี และวัดสีกลีบกุหลาบที่เปลี่ยนแปลงหลังการอบแห้ง ดังตาราง 4.15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.15 ค่าสีกลีบกุหลาบหลังการอบแห้งระหว่างเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องอบสเปาเต็ดเบดแบบติดดราฟท์ทิวบ์และเพิ่มอนุภาคเฉื่อยในการลดเวลาการอบแห้ง

ค่าสี	วิธีการอบแห้ง			
	เครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด		เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์	
	กลีบกุหลาบแห้ง	กลีบกุหลาบสด	กลีบกุหลาบแห้ง	กลีบกุหลาบสด
L*	30.67 ± 4.12	50.87 ± 5.41	33.92 ± 5.27	46.20 ± 4.21
a*	34.43 ± 11.50	66.71 ± 4.24	43.47 ± 7.02	65.83 ± 3.14
b*	10.60 ±4 .74	47.40 ± 11.18	10.62 ± 3.63	38.57 ±4.54
ΔE	52.96^{A} ± 8.34	0	37.84^{B} ± 13.51	0

: หมายเหตุ ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่กำกับที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกัน (ABC)

การอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์สามารถรักษาสีกลีบกุหลาบซึ่งพิจารณาค่าสีกลีบกุหลาบที่ปรากฏ ซึ่งให้ผลดังตาราง 4.15 พบว่า ค่า ΔE ของกลีบกุหลาบที่อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ เท่ากับ 37.84 น้อยกว่า ค่า ΔE ของกลีบกุหลาบที่อบแห้งด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดซึ่งมีค่าเท่ากับ 52.96 แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ดีกว่าวิธีการอบแห้งด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดในด้านคุณภาพของสี เนื่องจากเทคนิคสเปาเต็ดเบดให้สีกลีบกุหลาบคล้ำกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งนี้มีผลจากอุณหภูมิที่สูงตั้งแต่เริ่มแรก (70 °C) และคงที่ตลอดเวลา ส่วนเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิภายในตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำกว่า (38 – 40 °C)

4.5.3 การเปรียบเทียบปริมาณสารที่ให้กลิ่นกุหลาบ ระหว่างการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์และเทคนิคสเปาเต็ดเบด

จากการทดลองผลของการอบแห้งซึ่งมีอุณหภูมิเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ลักษณะปรากฏของกลีบกุหลาบ การหดตัวที่ปรากฏหลังการอบแห้งและสีที่เปลี่ยนแปลง และทำให้กลิ่นของกุหลาบลดลงไประหว่างการอบแห้งด้วยความร้อน ในการทดลองนำกลีบกุหลาบที่อบแห้งด้วยกรรมวิธีทั้ง 2 แบบ มาเปรียบเทียบปริมาณสารที่ให้กลิ่นกุหลาบ ในที่นี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คือ phenylethyl alcohol (ประเทือง, 2542) ด้วยวิธี GC-MS (Gas chromatography – Mass spectrometry)

ผลการวิเคราะห์สารให้กลิ่นหลักของกุหลาบ พบว่า phenylethyl alcohol กลีบกุหลาบสดมีปริมาณ 1.80×10^{4} AUC/g และกลีบกุหลาบที่อบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์มีปริมาณ 1.71×10^{4} AUC/g แต่กลีบกุหลาบที่อบแห้งด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดนั้นไม่พบ phenylethyl alcohol ดังตาราง 4.16

ตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบของกลีบกุหลาบผ่านการอบแห้งด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบด และเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยวิธี GC-MS (Gas chromatography – Mass spectrometry)

รายการทดสอบ		ปริมาณการวิเคราะห์ (AUC/g)		
Retention time(min)	ชื่อสารประกอบ	A	B	C
3.07	Pentanal	4.43×10^{5}	4.08×10^{5}	1.14×10^{5}
5.36	Octane	5.01×10^{4}	0	0
5.40	Hexanal	4.37×10^{4}	0	0
9.89	Octanal	1.64×10^{4}	0	0
10.48	Benzyl alcohol	2.46×10^{4}	1.68×10^{6}	4.43×10^{5}
11.68	Nonamol	4.81×10^{5}	0	0
11.86	Phenylethyl alcohol	0	1.71×10^{4}	1.80×10^{4}
14.19	Nonanoic acid	3.26×10^{5}	0	0
15.50	Eugenol	0	7.73×10^{4}	1.82×10^{5}
17.52	Butylated Hydroxy toluene	0	5.59×10^{5}	3.89×10^{5}

หมายเหตุ : A คือ กลีบกุหลาบอบแห้งด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบด
B คือ กลีบกุหลาบอบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์
C คือ กลีบกุหลาบสดก่อนการอบแห้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

phenylethyl alcohol เป็นสารที่ระเหยได้ง่าย เมื่อมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นการอบแห้งกลีบกุหลาบด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดใช้อุณหภูมิ ที่สูง (70 ˚C) ตลอดการทดลอง จึงทำให้สารประกอบหลักสำคัญดังกล่าวระเหยออกไป เมื่อเทียบปริมาณสารกับกลีบกุหลาบสดและกลีบกุหลาบที่อบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ จากตารางพบว่า การอบแห้งด้วยเทคนิคสเปาเต็ดเบดมีสารประกอบเพิ่มขึ้นหลังจากการอบแห้ง ได้แก่ Octane, Hexanal, Octanal และ Nonamol ซึ่งไม่ปรากฏในกลีบกหลาบสดและกลีบกุหลาบที่อบแห้งด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์

4.5.4 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้า

ค่าพลังงานไฟฟ้าจึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อที่จะนำมาคำนวณต้นทุนการผลิตในการเลือกวิธีการอบแห้ง จากการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าการอบแห้งด้วยเครื่องอบสเปาต็ดเบดและเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ ดังสมการ (4.1) โดยมีรายละเอียดและเงื่อนไขในการวิเคราะห์ดังนี้

ค่าพลังงานไฟฟ้า (4.1)

= ขนาดกำลังไฟฟ้าของพัดลม (kW) × ชั่วโมงในการทำงาน × ราคาต่อหน่วย

- เครื่องอบแห้งแบบสเปาเต็ดเบด ใช้เวลาการอบประมาณ 14.5 นาที คิดเป็น 0.233 ชั่วโมง ขนาดกำลังไฟฟ้า 2 kW โดยค่าพลังงานไฟฟ้าต่อยูนิต เท่ากับ 2.4649 บาท (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกิจกานขนาดเล็ก) คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.15 บาท / 10 กรัมน้ำหนักสด

- เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้เวลาการอบแห้งประมาณ 2 ชั่วโมง 17 นาที ขนาดกำลังไฟฟ้า 0.05 kW (พัดลม 2 ตัว) คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 1.07 / 10 กรัมน้ำหนักสด

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณได้ จะเห็นว่าต่างกัน 0.08 บาท/1 กรัมน้ำหนักสด หากเปรียบเทียบปริมาณกุหลาบที่ 1000 กรัมค่าพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันจะเท่ากับ 80 บาท/1000 กรัมน้ำหนักสด ดังนั้นการพิจารณาค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนหนึ่งในความต้องการของผู้ผลิตเพื่อนำมาคำนวณต้นทุนของผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved