บทที่ 4
ผลการวิจัย/การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย และศึกษาการอบแห้งแบบพ่นฝอยสำหรับระกำผงโดยทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิลมร้อนและปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตริน ซึ่งผลจากการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การทำงานเครื่องอบแห้งพ่นฝอยต้นแบบ

เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยต้นแบบมีการทำงานของเครื่องดังนี้ คือ เครื่องป้อนสารละลายทำหน้าที่ป้อนสารละลายระกำเข้าหัวฉีดห้องอบแห้งผ่านช่องเปิดเล็กๆแล้วกระจายออกเป็นฝอยละอองเล็กๆ จากนั้นลมถูกทำให้ร้อนโดยชุดทำความร้อนไฟฟ้าและถูกเป่าด้วยพัดลมแรงดันสูงให้ลมร้อนเข้าในห้องอบแห้ง เมื่อลมร้อนสัมผัสกับละอองของเหลวสารละลายที่อยู่ภายในห้องอบแห้งทำให้เกิดการระเหยความชื้นขึ้นจนได้ผงระกำและหล่นลงข้างล่าง และผงระกำบางส่วนลอยผ่านท่อทางออกรวมพร้อมกับลมร้อนแล้วผ่านไซโคลนซึ่งทำหน้าที่แยกผงระกำอกจากลมร้อน ส่วนลมร้อนที่แยกออกไปแล้วจะรวมตัวกันหมุนวนกลับขึ้นไปข้างบนไซโคลนแล้วลอยออกปล่องทางออก เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยต้นแบบแสดงดังภาพที่ 4.1

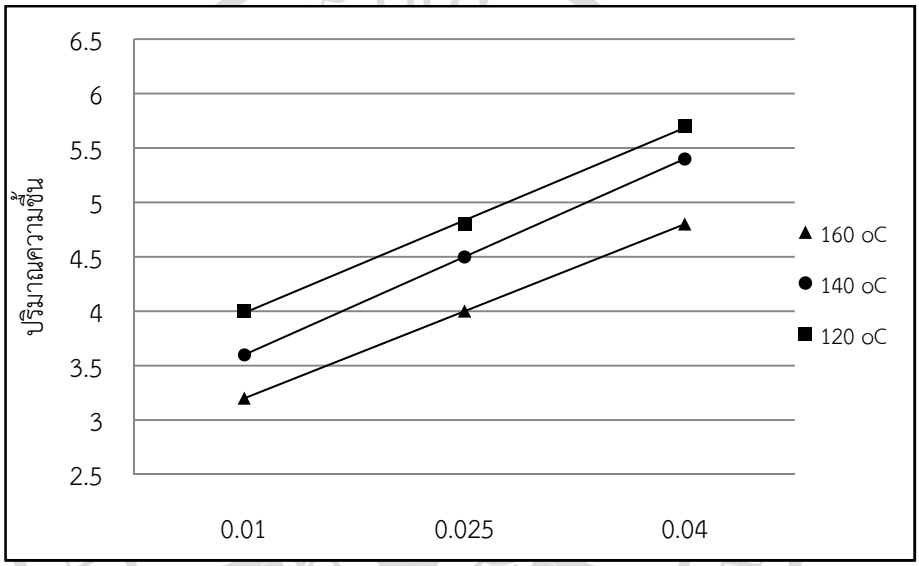
ภาพที่ 4.1 แสดงเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยต้นแบบ

4.2 ผลกระทบของอุณหภูมิและอัตราการไหลของลมร้อน

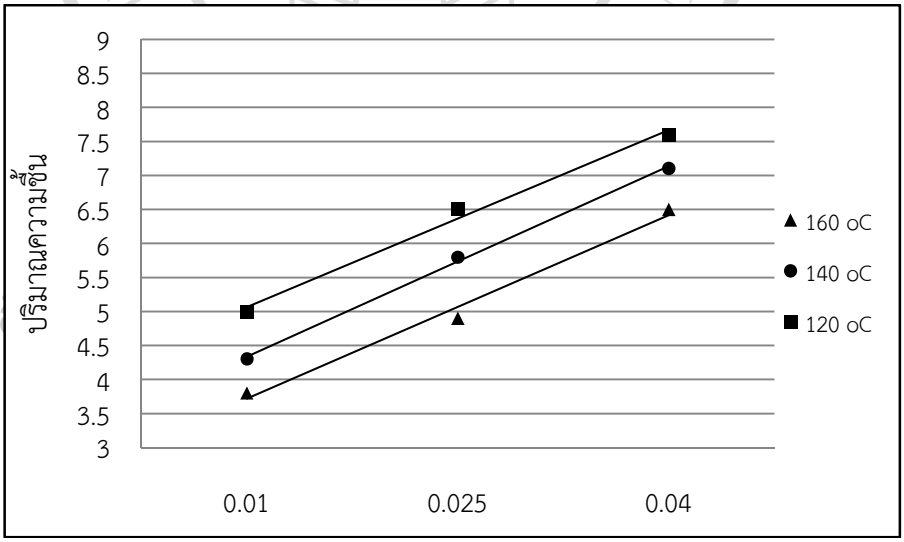
4.2.1 ผลกระทบตัวแปรเมื่อกำหนดปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินคงที่

จากการทดลองอบแห้งพ่นสารละลายระกำโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิของลมร้อนและอัตราการไหลของลมร้อนที่มีผลต่อปริมาณความชื้นของระกำ

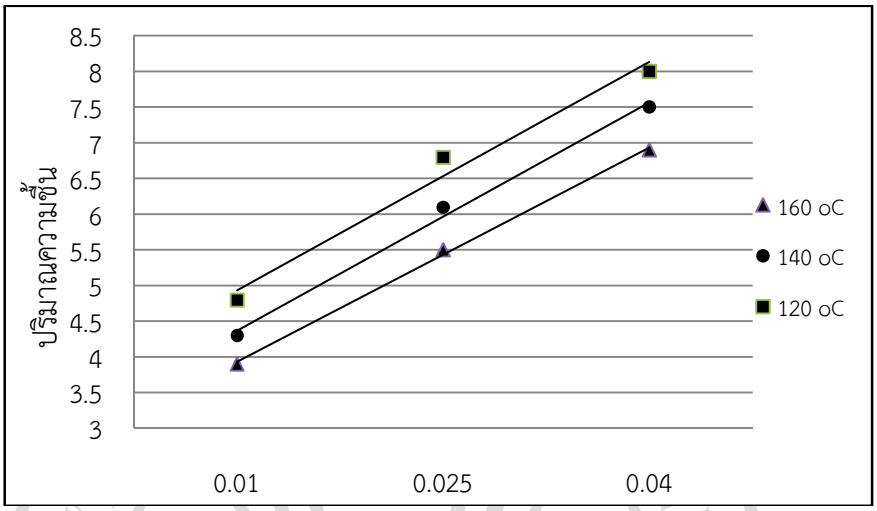
ผง ในเงื่อนไขการทดลองที่กำหนดให้สารมอลโตรเดกซ์ตรินคงที่ที่ร้อยละ10, 20 และ 30 โดยน้ำหนัก ที่อัตราการป้อนสารละลายระกำมีค่าเท่ากับ 1.5 kg/hr จากผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4.2 ภาพที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.4 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิลมร้อนและอัตราการไหลของลมร้อนกับปริมาณความชื้นของระกำผงที่มีส่วนผสมสารมอลโตรเดกซ์ตรินร้อยละ 10, 20 และ 30 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิลมร้อนและอัตราการไหลลมร้อนกับปริมาณความชื้นของระกำผงที่ปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินร้อยละ 30



ภาพที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิลมร้อนและอัตราการไหลของลมร้อนกับปริมาณความชื้นของระกำผงที่ปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินร้อยละ 20



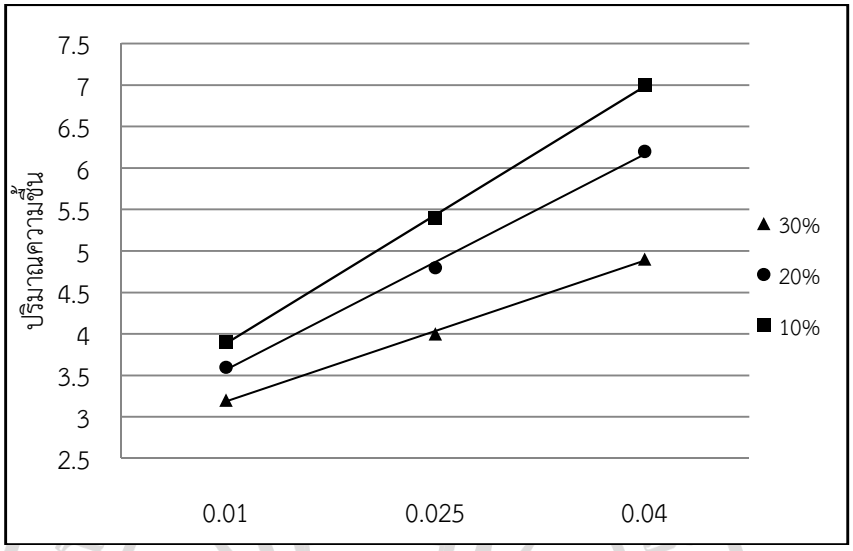
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิลมร้อนและอัตราการไหลของลมร้อนกับปริมาณความชื้นของระกำผงที่ปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินร้อยละ 10

จากภาพที่ 4.2 ภาพที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าที่สภาวะการอบแห้งพ่นฝอย โดยกำหนดให้ปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินและอัตราการป้อนสารละลายคงที่ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนหรือลดอัตราการไหลของลมร้อนจะส่งผลปริมาณความชื้นของระกำผงมีค่าลดลง ซึ่งผลกระทบของอุณหภูมิลมร้อนและอัตราการไหลของลมร้อนที่มีผลต่อปริมาณความชื้นของระกำผงนี้ เป็นผลเนื่องมาจากเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับลมร้อน ทำให้ความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำมีค่ามากขึ้นและในขณะเดียวกันเมื่อลดอัตราการไหลของลมร้อนจะทำให้เวลาที่ใช้ในการอบแห้งมีค่ามากขึ้นเช่นกัน (สโรบลและชัยรัตน์, 2554)

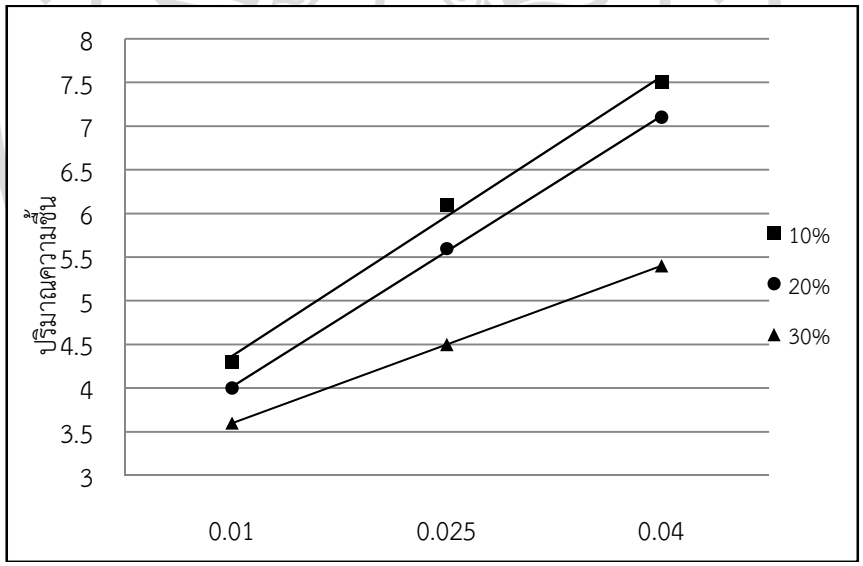
4.2.2 ผลกระทบตัวแปรเมื่ออุณหภูมิลมร้อนคงที่

ผลการทดลองโดยกำหนดให้อุณหภูมิลมร้อนมีค่าคงที่ 120℃ 140℃ และ160℃ แสดงดังในภาพที่ 4.5 ภาพที่ 4.6 และ ภาพที่ 4.7 ตามลำดับ ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศกับปริมาณความชื้นของระกำผง โดยเปรียบเทียบที่ปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินร้อยละ10, 20 และ 30

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

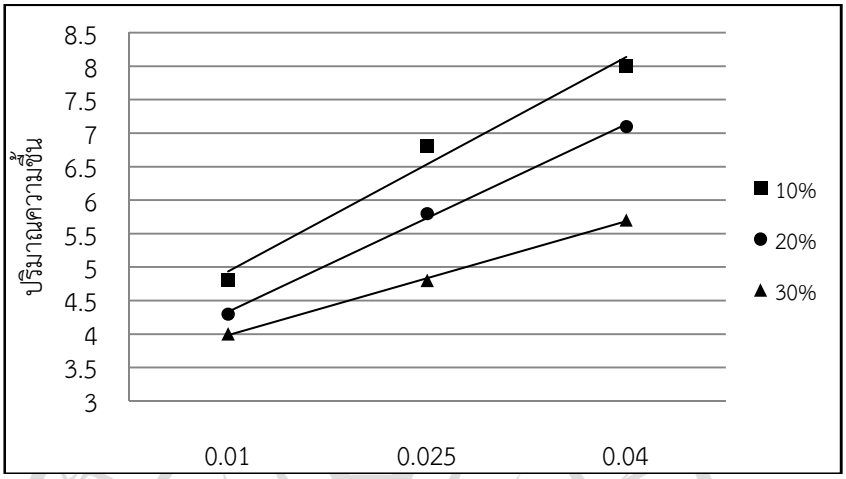


ภาพที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินและอัตราการไหลของลมร้อนกับปริมาณความชื้นของระกำผงที่อุณหภูมิลมร้อน 160 °C



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินและอัตราการไหลของลมร้อนกับปริมาณความชื้นของระกำผงที่อุณหภูมิลมร้อน 140 °C

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราชพฤกษ์

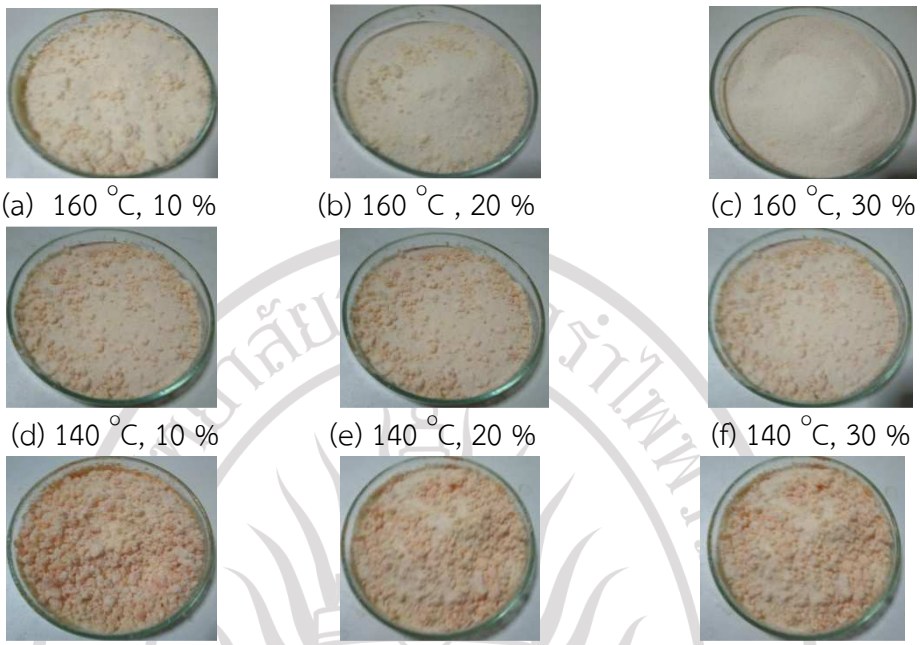


ภาพที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินและอัตราการไหลของลมร้อนกับปริมาณความชื้นของระกำผงที่อุณหภูมิลมร้อน 120 °C

จากภาพที่ 4.5 ภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 จะพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินให้กับสารละลายระกำ จะทำให้เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลลมร้อนกับปริมาณความชื้นของระกำผงมีค่าต่ำลง แสดงว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของแข็งให้กับสารละลายระกำ จะทำให้ปริมาณความชื้นของระกำผงที่ได้มีค่าต่ำลง เป็นผลมาจากเมื่อเพิ่มปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินทำให้เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายระกำ ทำให้ปริมาณของน้ำเริ่มต้นก่อนการอบแห้งมีค่าต่ำลง ในขณะที่ความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งมีค่าคงที่ ดังนั้นปริมาณความชื้นของระกำผงจึงมีค่าลดลง

4.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตระกำผง

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตระกำผง โดยทำการศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตริน 3 ระดับคือ ร้อยละ 10 20 และ 30 อุณหภูมิลมร้อน 3 ระดับ คือ 120 140 และ 160 °C ต่อค่าคุณภาพดังนี้ ระกำผงที่ผสมสารมอลโตรเดกซ์ตรินในปริมาณร้อยละ 30 มีลักษณะที่เป็นผงละเอียดและมีสีน้ำตาลที่อ่อน ส่วนที่ปริมาณร้อยละ 10 และ 20ระกำผงยังคงเป็นก้อนติดกัน จากภาพที่ 4.8 จะเห็นว่าที่อุณหภูมิลมร้อน 160 °C ลักษณะของระกำผงจะมีสีน้ำตาลที่เข้มกว่าที่อุณหภูมิลมร้อน 140 และ 120 °C ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินที่ผสมและอุณหภูมิลมร้อนนั้นมีผลต่อลักษณะของระกำผง จากรูปที่ 4.8 จะพบว่าที่อุณหภูมิลมร้อนที่ 160 และปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินร้อยละ 30 จะให้ผลิตภัณฑ์ระกำผงดีที่สุด ไม่เป็นก้อนผงมีลักษณะเป็นเม็ดละเอียด



(a) 160 °C, 10 % (b) 160 °C , 20 % (c) 160 °C, 30 %

(d) 140 °C, 10 % (e) 140 °C, 20 % (f) 140 °C, 30 %

(g) 120 °C, 10 % (h) 120 °C , 20 % (i) 120 °C, 30 %

ภาพที่ 4.8 แสดงระกำผงที่มีปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินร้อยละ10, 20 และ 30 อุณหภูมิลมร้อน 120, 140 และ 160 ℃

ตารางที่ 4.1 ผลอุณหภูมิลมร้อนและปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินต่อค่าความชื้นและร้อยละผลผลิตของระกำผงอบแห้งแบบพ่นฝอยที่สภาวะต่างๆ

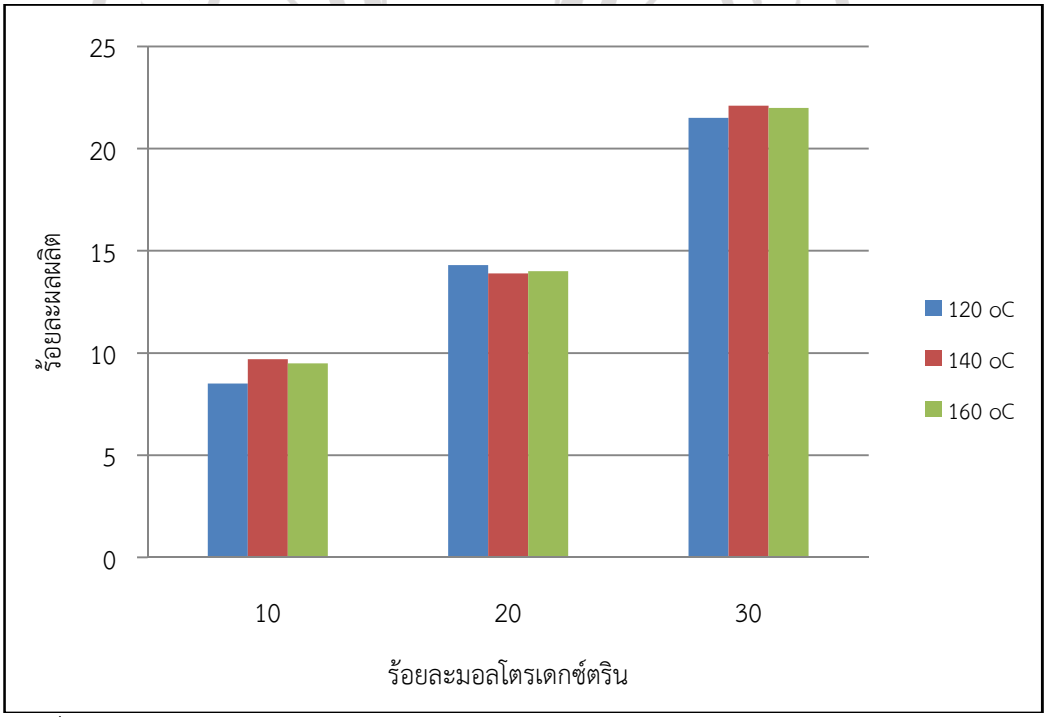
ร้อยละมอลโตรเดกซ์ตริน (โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิลมร้อน(°C)	ความชื้น(ร้อยละ)	ผลผลิต(ร้อยละ)
10	120	4.53^{a} ±0.04	4.80^{g} ±0.64
	140	4.34^{b} ±0.03	6.55^{fg} ±1.10
	160	3.99^{c} ±0.01	7.13^{f} ±0.70
20	120	3.19^{d} ±0.02	16.25^{d} ±0.18
	140	3.12^{e} ±0.03	19.30^{c} ±1.21
	160	3.04^{f} ±0.04	13.81^{e} ±1.82
30	120	3.19^{d} ±0.01	29.58^{a} ±1.15
	140	3.13^{e} ±0.02	24.67^{b} ±1.50
	160	3.01^{f} ±0.03	21.63^{c} ±1.08

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

จากตารางที่ 4.1 จากผลการทดลองจะพบว่าการอบแห้งระกำผงที่อุณหภูมิ 120 °C, 140 °C และ 160 °C และปริมาณของสารมอลโตรเดกซ์ตรินร้อยละ 10,20 ละ 30 ทำให้ปริมาณความชื้นและร้อย

ละผลผลิตของผลิตภัณฑ์ระกำผงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งให้ค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ3.01-4.53 และให้ค่าร้อยละของผลผลิตอยู่ระหว่างร้อยละ4.80-29.58 การศึกษาผลของตัวแปรจะพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนและการเพิ่มปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินมีผลทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ระกำผงมีค่าลดลง โดยการอบแห้งระกำผงที่อุณหภูมิลมร้อน 160 $^{\circ}$C ช่วยลดปริมาณความชื้นได้ต่ำสุด คือ ร้อยละ 3.99, 3.04 และ 3.01 ตามลำดับ การอบแห้งระกำผงที่อุณหภูมิ 120 $^{\circ}$C รวมทั้งปริมาณของสารมอลโตรเดกซ์ตรินร้อยละ 10 ทำให้ค่าความชื้นสูงสุด คือ ร้อยละ 4.53 ส่วนปริมาณร้อยละผลผลิตแสดงดังจากตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.9 จะพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณของสารมอลโตรเดกซ์ตรินมากขึ้น ปริมาณร้อยละผลผลิตของระกำผงมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินร้อยละ 30 ให้ค่าร้อยละผลผลิตสูงสุดคือ 29.58,24.67และ 21.63 ตามลำดับ และปริมาณของสารมอลโตรเดกซ์ตรินร้อยละ 10 ให้ค่าร้อยละผลผลิตต่ำสุดคือ 4.80, 6.55 และ 7.13 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณร้อยละสารมอลโตรเดกซ์ตริน และอุณหภูมิลมร้อนกับร้อยละผลผลิตที่ได้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏราไพพรรณี

4.4 คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์ระกำผง

ผลอุณหภูมิลมร้อนและปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินต่อคุณภาพของระกำผงในด้านสีแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลอุณหภูมิลมร้อนและปริมาณสารมอลโตรเดกซ์ตรินต่อคุณภาพของระกำผงในด้านสีที่สภาวะต่างๆ

ร้อยละมอลโตรเดกซ์ตริน (โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิลมร้อน (^{o}C)	ค่าสี		
		L*	a*	b*
10	120	18.23^{g}±0.02	-3.31^{f}±0.045	3.3^{h}±0.04
	140	20.37^{e}±0.03	-4.69^{c}±0.05	5.7^{e}±0.03
	160	20.98^{de}±0.02	-5.43^{ab}±0.04	6.3^{d}±0.03
20	120	19.74^{f}±0.03	-3.5^{ef}±0.03	4.62^{g}±0.04
	140	22.2^{c}±1.37	-3.63^{e}±0.4	6.25^{d}±0.3
	160	22.67^{c}±0.04	-5.25^{b}±0.03	8.1^{c}±0.05
30	120	21.24^{d}±0.2	-3.99^{d}±0.05	5.45^{f}±0.03
	140	25.8^{a}±0.045	-4.10^{d}±0.02	9.67^{c}±0.06
	160	24.16^{b}±0.04	-5.64^{a}±0.03	9.53^{b}±0.05

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองจะพบว่าเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิอบแห้งให้สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L*) มีค่าลดลง สำหรับผลิตภัณฑ์ระกำผงที่เติมสารมอลโตรเดกซ์ตรินในอัตราส่วนเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อการเร่งเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลมากขึ้น (สโรบลและชัยรัตน์,2554) ทำให้ผลิตภัณฑ์ระกำผงมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง เมื่อใช้อุณหภูมิที่ 160 ^{o}C จะให้ค่าความสว่าง (L*) ลดลงกว่าการใช้อุณหภูมิลมร้อนที่ 140 และ 120 ^{o}C ส่วนปริมาณของมอลโตรเดกซ์ตรินมีผลต่อค่าความสว่าง (L*) ของผงระกำ ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่าทุกสภาวะของระกำผงจะมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 18.23-25.8 แสดงว่าตัวอย่างมีสีที่ค่อนข้างสว่าง อาจเป็นผลเนื่องมาจากการเติมสารมอลโตรเดกซ์ตริน ซึ่งเมื่ออบแห้งจะมีสีขาว เมื่อพิจารณาดูค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว (a*) พบว่าจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิลมร้อนสูงขึ้น ทุกสภาวะการอบแห้งจะมีค่า a* อยู่ในช่วงลบ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง (-5.64)-(-3.31) แสดงว่าตัวอย่างผงระกำมีสีออกไปทางสีเขียวอ่อนสัมพันธ์กับค่าความสว่าง (L*) ของสีที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนสูงขึ้น และปริมาณของสารมอลโตรเดกซ์ตรินมีผลต่อค่าความเป็นสีเขียวและแดง (a*) ของระกำผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และผลของอุณหภูมิลมร้อนสูงขึ้นจำทำให้เกิดผลทำให้ค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (b*) จะเพิ่ม

สูงขึ้นตามไปด้วย และมีค่าสัมพันธ์กับค่าของความสว่าง (L*) ของสีที่มีแนวโน้มลดลงเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิลมร้อนสูงขึ้น ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะมีค่าความเป็นสีน้ำเงิน (b*) มีค่าอยู่ระหว่าง 3.3-9.67 และปริมาณของมอลโตรเดกซ์ตรินมีอิทธิพลต่อค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (b*) ของระกำผงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากสารมอลโตรเดกซ์ตรินนั้นมีความสามารถในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เป็นอย่างดี ช่วยทำให้ผงระกำที่ได้มีลักษณะสีเหลืองน้อย

4.5 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การใช้เครื่องอบแห้งพ่นฝอยต้นแบบสำหรับระกำผงหรือค่าใช้จ่ายในการทำงานซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายกำหนดให้

ต้นทุนสร้างเครื่องอบแห้งพ่นฝอยต้นแบบ	65,000 บาท
อายุการใช้งาน	10 ปี
มูลค่าซากคิดเป็น 2%	1,200 บาท
ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง	1,000 บาท/ปี
อัตราดอกเบี้ย	8.0 %
ต้นทุนค่าไฟฟ้า	3 บาท/หน่วย
ค่าจ้างแรงงาน	300 บาท/วัน

1. ต้นทุนคงที่

- ค่าเสื่อมราคาเครื่อง (F_1) ใช้สมการคำนวณค่าเสื่อมราคาเครื่องอบแห้งพ่นฝอย

$$F_1 = \frac{P - L}{N}$$

P คือ ราคาเครื่องอบแห้ง (บาท)

L คือ ราคาซากของเครื่องอบแห้ง (บาท)

N คือ อายุการใช้งาน (ปี)

$$= \frac{(65,000 - 1,200)}{10}$$

= 6,380 บาท/ปี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

$$= \frac{(P + L)}{2} \times \frac{i}{100}$$

i คือ ดอกเบี้ยบาท/ปี

$$= \frac{(65,000 + 1,200)}{2} \times \frac{8}{100}$$

= 2,648 บาท/ปี

ต้นทุนรวมคงที่ = ค่าเสื่อมราคาเครื่อง + ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

= 6,380+2,648

= 9,028 บาท/ปี

2. ต้นทุนผันแปร

2.1 ต้นทุนวัตถุดิบ

- ค่าระกำสดกิโลกรัมละ 5 บาท ใช้ทั้งปี 800 กิโลกรัม คิดเป็นเงิน 4,000 บาท/ปี

- ค่าแรงงานทำงาน 2 คน แกะเปลือกระกำ 1 คน ควบคุมเครื่องอบแห้ง 1 คน วันละ 300 บาท 1 ปี ทำ 45 วัน

= 2x300x45

= 27,000 บาท/ปี

ต้นทุนค่าไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า 220 V มอเตอร์ไฟฟ้าใช้กระแสไฟฟ้ารวมประมาณ 13 A จากสมการต้นทุนค่าไฟฟ้า

P = IVcosϕ

= 13 A x 220 V x 0.85

= 2.43 หน่วย

ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ใน1 ปีทำ 45 วัน โดยคิดอัตราค่าไฟฟ้า หน่วยละ 3 บาท

= 2.43 x 3 x 8 x 45

= 58.32 บาท/วัน

= 2,624.4บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม = ต้นทุนวัตถุดิบ + ค่าแรงงาน + ต้นทุนค่าไฟฟ้า

= 4,000 + 27,000 + 2,624.4

= 33,624.4 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนรวม = 9,028+33,624.4

= 42,652.4 บาท/ปี

3. รายได้จากการขายระกำผง

- ระกำสด 800 กิโลกรัม ผลิตได้ระกำผง 200 กิโลกรัม คิดราคาขาย กิโลกรัมละ 400 บาท

รายได้ = 200x400

= 80,000 บาท/ปี

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

4. การคำนวณเวลาในการคืนทุน

เวลาในการคืนทุน = เงินลงทุนทั้งหมด/กำไรทั้งหมดต่อปี

$$= \left(\frac{65,000}{(80,000 - 42,652.4)} \right)$$

= 1.7 ปี