บทที่ 5 ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประหยัดพลังงานการนึ่งแผ่นก๋วยเตี๋ยว โดยศึกษาผลของอุณหภูมิของน้ำแป้งก่อนเข้าเครื่องนึ่งและความเร็วของสายพาน โดยใช้เครื่องนึ่งแบบใหม่ซึ่งเป็นเครื่องนึ่งความยาว 3 เมตรและใช้ไอน้ำมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำเพื่อสร้างไอน้ำให้ความร้อนกับน้ำแป้ง ทั้งนี้อุณหภูมิของน้ำแป้งที่ศึกษาเป็นอุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความหนาของน้ำแป้งที่เข้าเครื่องนึ่ง คือ 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในส่วนของการใช้พลังงานมีการเก็บข้อมูลการใช้ไอน้ำและการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานกับเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งมีความยาว 15 เมตรใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำสัมผัสโดยตรงกับน้ำแป้งและเป็นการป้อนน้ำแป้งที่อุณหภูมิห้อง ความเร็วสายพาน 6 เมตรต่อนาที

5.1 การเก็บค่าพลังงานที่ใช้ในการนึ่งน้ำแป้งด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน

5.1.1 การใช้พลังงานในการนึ่งก๋วยเตี๋ยวทางทฤษฎี

ในการนึ่งก๋วยเตี๋ยวนั้นสามารถคำนวณหาค่าพลังงานในการนึ่งได้จากสมการ

$$Q_{wf} = m_w c_{p,w}(T_p - T_{f,w}) + m_r c_{p,r}(T_p - T_{f,r}) + m_{w,f}\Delta H$$

โดยในส่วนผสมของน้ำแป้งนั้นมีอัตราส่วนของน้ำและข้าวอยู่ที่ 1:1 คิดที่น้ำหนักของน้ำแป้ง 1 กิโลกรัม จะใช้น้ำ 0.5 กิโลกรัมและข้าว 0.5 กิโลกรัม อุณหภูมิเริ่มต้น คือ 35 องศาเซลเซียสและค่าคุณสมบัติของข้าว น้ำ อุณหภูมิและพลังงานการเกิดเจล แสดงดังนี้

$c_{p,w}$ = 4.198 kJ/kg·k

$c_{p,r}$ = 1.18 kJ/kg·k

T_p = 76 °c

ΔH = 7.4 kJ/kg

จะได้

$$Q_{wf} = 0.5\times4.198 \times (76\text{-}35) + 0.5\times1.18(76\text{-}35) + 1\times7.4$$

$$= 117.69 \text{ kJ/kg}$$

โดยอัตราผลิตสูงสุดอยู่ที่ 606 kg/hr

ดังนั้นพลังงานที่ใช้ในการนึ่งก๋วยเตี๋ยว คือ 71,320 kJ/hr

5.1.2 ผลการบันทึกการใช้พลังงานในการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน

พลังงานที่ใช้ในการนึ่งด้วยเครื่องที่ใช้ในปัจจุบันนั้นสามารถใช้ข้อมูลที่มีการบันทึกการใช้พลังงานไอน้ำของทางบริษัท ซึ่งสามารถแสดงค่าได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าพลังงานที่ใช้นึ่งน้ำแป้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ที่ความหนา 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ความเร็วสายพาน 6 เมตรต่อนาที ด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	อัตราการใช้ไอน้ำ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	6.4	282.2	454
1.0	6.4	403.2	454
1.5	6.4	604.8	454

รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะของแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากการนึ่งที่อุณหภูมิน้ำแป้งก่อนนึ่ง 35 องศาเซลเซียส และความเร็วสายพาน 6 เมตรต่อนาที

ในการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งแบบเดิมสามารถคำนวณการใช้พลังงานได้จาก ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกของโรงงาน

หม้อไอน้ำผลิตไอน้ำที่ความดัน 5 บาร์เกจ ในอัตรา 5 ตันต่อชั่วโมงซึ่งเป็นอัตราที่ใช้ผลิตก๋วยเตี๋ยวด้วย ดังนั้นจำนวนไอน้ำที่ใช้สามารถคำนวณได้ดังนี้

ข้อมูลจากตารางไอน้ำ

ไอน้ำที่ความดัน 5 บาร์เกจ อุณหภูมิ 158.92 องศาเซลเซียส เท่ากับ

ปริมาณไอน้ำ	เท่ากับ	454.5	kg/hr
จะได้พลังงานไอน้ำที่ใช้	เท่ากับ	1,253,136.36	kJ/hr
พลังงานที่ใช้ต่อน้ำหนัก ที่อัตราผลิต 606 kg/hr	เท่ากับ	2,062	kJ/kg

5.2 ผลการทดลองนึ่งน้ำแป้งด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่

5.2.1 การใช้พลังงานในการนึ่ง

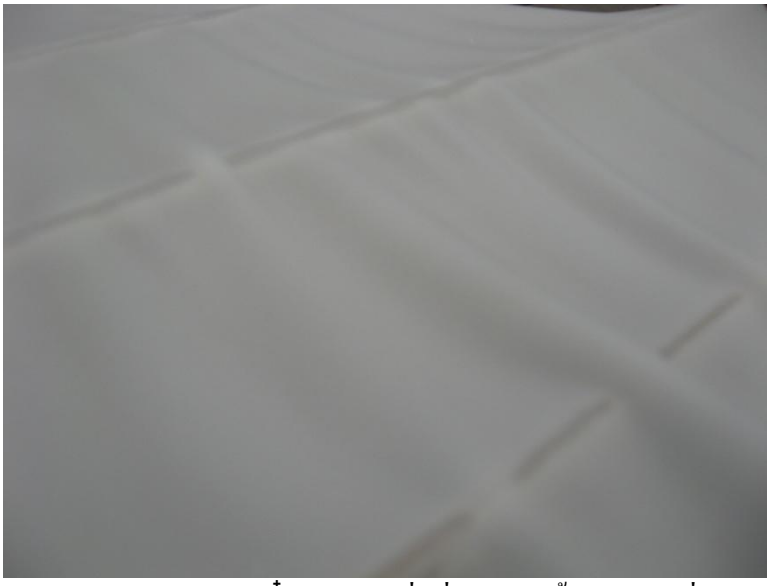
พลังงานหลักที่ใช้ในการนึ่ง คือ พลังงานไอน้ำ ซึ่งการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่นี้ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิน้ำแป้งและความหนาก่อนเข้าเครื่องนึ่งเพื่อหาความเร็วสายพานมากที่สุดทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวสุกได้ เพื่อให้ได้อัตราผลิตต่อพลังงานที่ใช้สูงสุด โดยแสดงผลการทดลองได้ดังนี้

5.2.2.1 ผลของอุณหภูมิน้ำแป้งและความหนาของน้ำแป้งต่อความเร็วสายพาน

จากการทดลองนึ่งน้ำแป้งโดยการเพิ่มอุณหภูมิที่ 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ที่ความหนา 0.7, 1 และ 1.5 9 ตามลำดับ ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดลองนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 0.7 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิน้ำแป้ง 35, 40, 45,50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

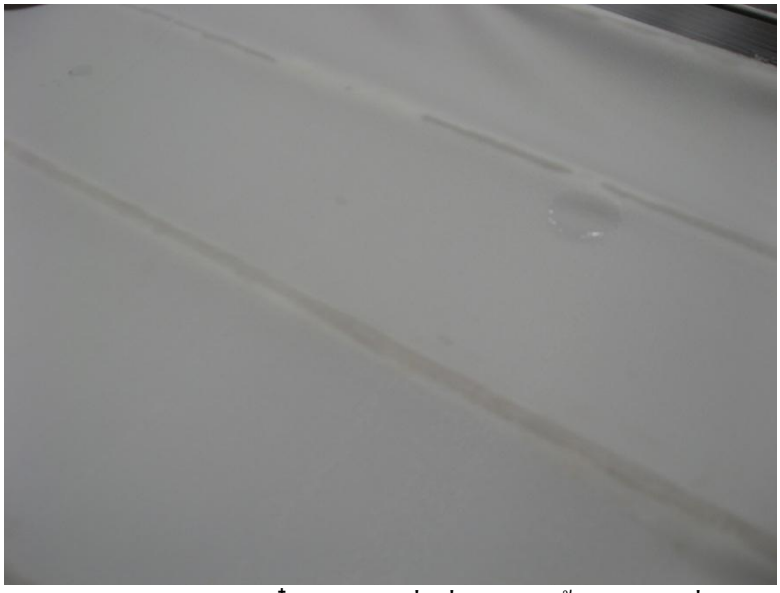
ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	35	4.4	194.04	41.96	-
	40	5.0	220.5	42.23	7.32
	45	7.0	308.7	51.50	28.45
	50	9.2	405.72	57.66	59.7
	55	10.5	463.05	54.38	85.27
	60	12.4	546.84	50.69	127.85



รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะของแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากการนึ่งที่อุณหภูมิน้ำแป้งก่อนนึ่ง 60 องศาเซลเซียส และความเร็วสายพาน 12 เมตรต่อนาที ที่ความหนา 0.7 มิลลิเมตร

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดลองนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิน้ำแป้ง 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	35	4.1	258.3	67.03	-
	40	4.8	302.4	69.54	14.05
	45	5.5	346.5	69.37	38.0
	50	7.4	466.2	68.62	82.34
	55	8.8	554.4	78.13	117.12
	60	10.3	648.9	72.19	178.69



รูปที่ 5.3 แสดงลักษณะของแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากการนึ่งที่อุณหภูมิน้ำแป้งก่อนนึ่ง 60 องศาเซลเซียส และความเร็วสายพาน 10 เมตรต่อนาที ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร

ตารางที่ 5.4 แสดงผลการทดลองนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิน้ำแป้ง 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1.5	35	3.4	321.3	83.4	-
	40	4.2	396.9	91.26	33.62
	45	5.0	472.5	94.62	72.63
	50	6.5	614.25	98.79	100.87
	55	8.2	774.9	99.2	139.8
	60	9.6	907.2	101.68	242.1

รูปที่ 5.4 แสดงลักษณะของแผ่นก๋วยเตี๋ยวจากการนึ่งที่อุณหภูมิน้ำแป้งก่อนนึ่ง 60 องศาเซลเซียส และความเร็วสายพาน 9 เมตรต่อนาที ที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร

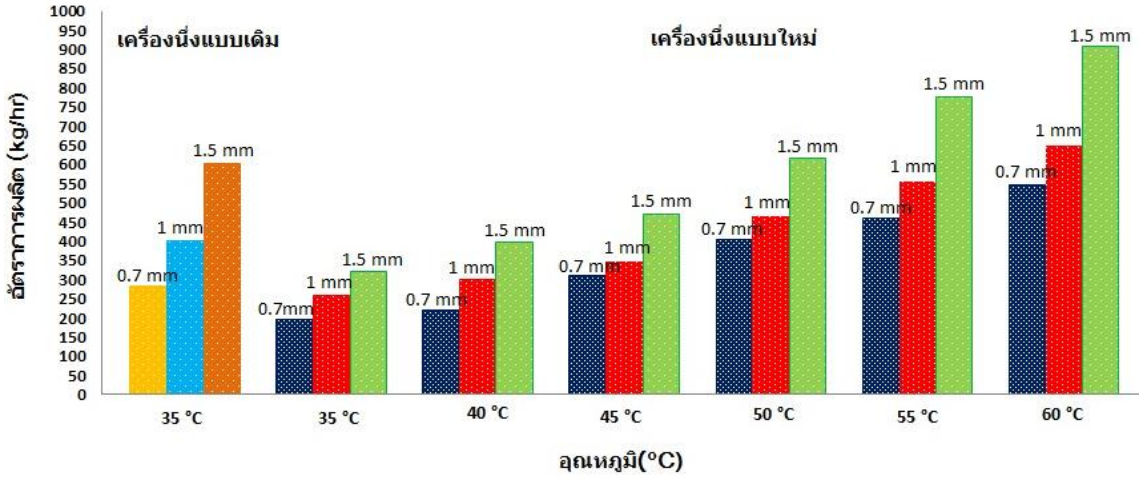
5.3 เปรียบเทียบพลังงานไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง

จากผลการทดลองในข้างต้นจะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานในการนึ่งก๋วยเตี๋ยวในโรงงานนั้นมีการใช้ไอน้ำเกินความจำเป็นอยู่มาก เนื่องจากหลักการของเครื่องนึ่งที่ใช้ไอน้ำมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำแป้งโดยตรง หากเทียบกับพลังงานที่ต้องใช้ตามการคำนวณทางทฤษฎีนั้นค่าพลังงานที่ต้องการกับค่าพลังงานของไอน้ำที่ใช้นั้นแตกต่างกันมากและนอกจากนั้นการใช้ไอน้ำโดยตรงกับอาหารถือเป็นเรื่องที่ไม่ถูกต้องนักเพราะน้ำที่ใช้ในการผลิตไอน้ำจะมีสารเคมีที่ใช้ในหม้อน้ำและยังมีสนิมเหล็กที่ติดมาตามท่อด้วย ดังนั้นการเปลี่ยนมาใช้ไอน้ำมาแลกเปลี่ยนกับน้ำเพื่อมาสร้างไอน้ำและลดขนาดความยาวของเครื่องนึ่งลงเพื่อลดพลังงานที่ใช้รวมไปถึงการทำความสะอาดที่ง่ายขึ้นด้วย ซึ่งจากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิน้ำแป้งก่อนเข้าเครื่องนึ่งแบบใหม่จะทำให้สามารถเพิ่มความเร็วสายพานได้ เนื่องจากหากวิเคราะห์การใช้พลังงานที่ใช้ในการนึ่งนั้นพลังงานส่วนใหญ่จะเป็นส่วนของการเพิ่มอุณหภูมิน้ำแป้ง แต่การเพิ่มอุณหภูมิในแต่ละความหนาที่ใช้นั้นก็ไม่ได้หมายความว่าจะสามารถเพิ่มความเร็วสายพานได้ทุกกรณี เนื่องจากความยาวสายพานที่สั้นลง หากเดินเครื่องที่ความเร็วสายพานสูงก็จะทำให้น้ำแป้งได้รับความร้อนไม่ทัน ดังนั้นช่วงอุณหภูมิและการใช้พลังงานที่เหมาะสมสามารถเปรียบเทียบได้ดังนี้

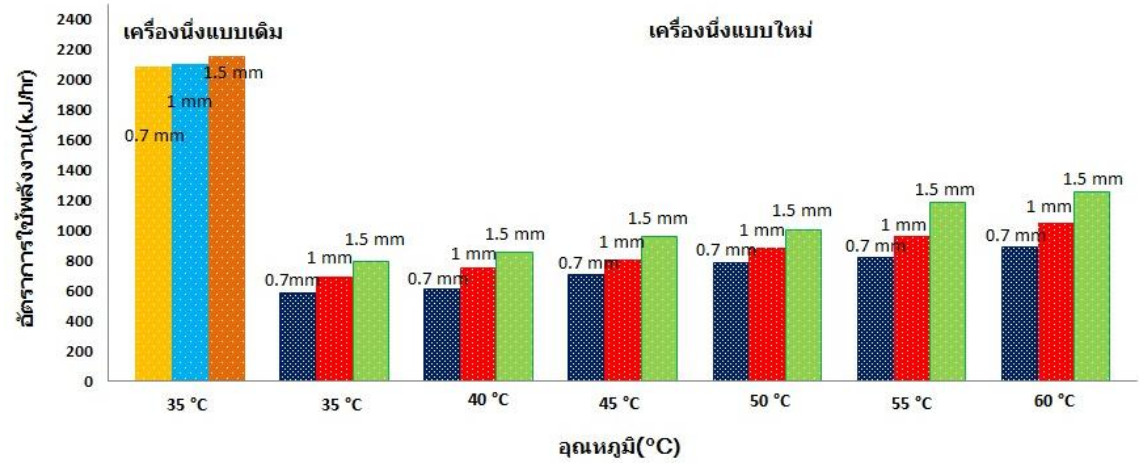
ตารางที่ 5.5 แสดงอัตราผลิตและอัตราการใช้พลังงานที่อุณหภูมิต่างๆ

	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความหนา (มิลลิเมตร)	อัตราผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	อัตราการใช้พลังงานไอน้ำ (กิโลจูล/กิโลกรัม)
เครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน	35	0.7	282.2	2062
		1	403.2	2062
		1.5	604.8	2062
เครื่องนึ่งแบบใหม่	35	0.7	194.0	588.3
		1	258.3	684.7
		1.5	321.3	706.2
	40	0.7	220.5	611.4
		1	302.4	752.1
		1.5	396.9	856.1
	45	0.7	308.7	704.6
		1	346.5	804.2
		1.5	472.5	963.0
	50	0.7	405.7	787.0
		1	466.2	881.7
		1.5	614.5	884.4
	55	0.7	463.0	820.5
		1	554.4	958.2
		1.5	774.9	839.5
	60	0.7	546.8	888.32
		1	648.9	1,051
		1.5	907.2	1,131.0

จากตารางสามารถสรุปได้ว่าการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่สามารถลดพลังงานในการนึ่งได้และผลของการเพิ่มอุณหภูมิน้ำแป้งทำให้อัตราผลิตสูงขึ้นด้วย



รูปที่ 5.5 กราฟแสดงอัตราการผลิตที่อุณหภูมิและความหนาที่ต่างกัน



รูปที่ 5.6 กราฟแสดงอัตราการใช้พลังงานที่อุณหภูมิและความหนาที่ต่างกัน

5.4 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการนึ่ง

จากการทดลองนึ่งที่สภาวะต่างๆกับเครื่องนึ่งแบบเดิมและแบบใหม่การใช้พลังงานไฟฟ้านั้นเป็นของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่ขับสายพานเครื่องนึ่ง ซึ่งจากการทดลอง ดังตารางที่ 5.6 จะเห็นได้ว่าเครื่องนึ่งแบบใหม่จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเนื่องจากขนาดมอเตอร์ที่ลดลงเพราะความยาวของเครื่องนึ่งแบบใหม่นั้นสั้นลงทำให้ลดภาระของมอเตอร์ลงได้

ตารางที่ 5.6 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องนึ่งแบบเดิมและแบบใหม่

	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความหนา (มิลลิเมตร)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
เครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน	35	0.7	0.93
		1	1.13
		1.5	1.27
เครื่องนึ่งแบบใหม่	35	0.7	0.3
		1	0.35
		1.5	0.39
	40	0.7	0.34
		1	0.42
		1.5	0.43
	45	0.7	0.35
		1	0.47
		1.5	0.5
	50	0.7	0.4
		1	0.4
		1.5	0.55
	55	0.7	0.5
		1	0.53
		1.5	0.62
	60	0.7	0.52
		1	0.6
		1.5	0.67

จากผลการทดลองที่ได้เบื้องต้นนั้นจะเห็นได้ว่าการเพิ่มอุณหภูมิน้ำแป้งและนึ่งโดยใช้เครื่องนึ่งแบบใหม่สามารถประหยัดพลังงานไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าได้ นอกจากนั้นด้วยลักษณะที่สั้นลงของเครื่องนึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายสายพาน การทำความสะอาดที่ง่ายขึ้น และยังลดค่าใช้จ่ายในการทำความสะอาดอีกด้วย