ภาคผนวก ก.

ตารางผลการทดลองและตัวอย่างการคำนวณ

จากการทดลองสามารถบันทึกผลการทดลองได้ ดังนี้

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ที่ความหนา 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ความเร็วสายพาน 6 เมตรต่อนาที ด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน ครั้งที่ 1

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	อัตราการใช้ไอน้ำ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	6.4	4.7	454
1.0	6.3	6.62	454
1.5	6.4	10.08	454

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ที่ความหนา 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ความเร็วสายพาน 6 เมตรต่อนาที ด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน ครั้งที่ 2

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	อัตราการใช้ไอน้ำ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	6.3	4.63	454
1.0	6.2	6.51	454
1.5	6.3	9.92	454

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ที่ความหนา 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ความเร็วสายพาน 6 เมตรต่อนาที ด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน ครั้งที่ 3

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	อัตราการใช้ไอน้ำ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	6.4	4.7	454
1.0	6.4	6.72	454
1.5	6.4	10.08	454

ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ที่ความหนา 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ความเร็วสายพาน 6 เมตรต่อนาที ด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน ครั้งที่ 4

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	อัตราการใช้ไอน้ำ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	6.3	4.63	454
1.0	6.4	6.72	454
1.5	6.2	9.77	454

ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ที่ความหนา 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ที่ความเร็วสายพาน 6 เมตรต่อนาที ด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน ครั้งที่ 5

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	อัตราการใช้ไอน้ำ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	6.5	4.78	454
1.0	6.2	6.51	454
1.5	6.4	10.08	454

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 0.7 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 1

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	35	4.5	3.3	42.54	-
	40	5.0	3.67	44.2	7.7
	45	7.0	5.14	51.0	24.5
	50	9.5	6.98	57.76	59.66
	55	10.5	7.71	59.94	83.74
	60	12.5	9.18	52.45	120.27

ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 0.7 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 2

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	35	4.0	2.94	43.54	-
	40	5.0	3.67	45.2	7.79
	45	7.5	5.51	52.5	29.81
	50	9.0	6.61	56.76	58.96
	55	10.5	7.71	54.94	84.74
	60	12.0	8.82	50.75	128.27

ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 0.7 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 3

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	35	4.5	3.3	41.96	-
	40	5.0	3.67	42.23	8.0
	45	6.5	4.77	51.5	29.1
	50	9.0	6.61	57.66	60.23
	55	10.5	7.71	55.24	86.54
	60	12.5	9.18	50.48	127.91

ตารางที่ ก.9 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 0.7 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 4

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	35	4.5	3.3	42.54	-
	40	5.0	3.67	44.2	7.7
	45	7.0	5.14	51.0	28.5
	50	9.0	6.61	57.76	62.66
	55	10.5	7.71	59.94	91.74
	60	12.5	9.18	53.65	127.27

ตารางที่ ก.10 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 0.7 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 5

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
0.7	35	4.5	3.3	40.54	-
	40	5.0	3.67	43.27	9.1
	45	7.0	5.14	54.01	31.5
	50	9.5	6.98	58.96	59.66
	55	10.5	7.71	52.94	85.74
	60	12.5	9.18	50.45	126.87

ตารางที่ ก.11 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 1

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	35	4.0	4.2	67.3	-
	40	4.5	4.72	69.54	14.85
	45	5.0	5.25	69.37	36.54
	50	7.5	7.87	68.62	83.25
	55	8.5	8.92	70.13	120.13
	60	10.0	10.5	67.19	172.84

ตารางที่ ก.12 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 2

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	35	4.0	4.2	67.3	-
	40	4.5	4.72	69.54	14.5
	45	5.0	5.25	69.37	39.54
	50	7.0	7.35	68.62	80.25
	55	9.0	9.45	70.13	119.65
	60	11.0	11.55	67.19	178.97

ตารางที่ ก.13 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 3

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	35	4.5	4.72	68.38	-
	40	5.0	5.25	67.54	15.01
	45	6.0	6.3	67.37	40.71
	50	7.5	7.87	71.92	85.42
	55	9.5	9.97	67.82	121.56
	60	10.5	11.02	69.71	179.69

ตารางที่ ก.14 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 4

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	35	4.5	4.72	67.3	-
	40	6.0	6.3	69.54	13.85
	45	6.5	6.82	69.37	37.54
	50	7.5	7.87	68.62	81.25
	55	8.5	8.92	70.13	116.13
	60	10	10.5	67.19	175.84

ตารางที่ ก.15 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 5

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	35	3.5	3.67	69.77	-
	40	4.0	4.2	68.54	14.12
	45	5.0	5.25	71.97	36.54
	50	7.5	7.87	69.15	83.25
	55	8.5	8.92	70.13	120.13
	60	10.0	10.5	69.92	180.84

ตารางที่ ก.16 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 1

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1.5	35	3.5	5.51	85.4	-
	40	4.5	7.08	90.89	38.85
	45	5.0	7.87	95.17	75.42
	50	6.5	10.23	96.59	101.35
	55	8.5	13.38	94.86	138.72
	60	9.5	14.96	99.23	249.21

ตารางที่ ก.17 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 2

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1.5	35	3.5	5.51	83.4	-
	40	4.0	6.3	91.2	35.25
	45	5.0	7.87	94.62	73.69
	50	6.5	10.23	100.54	100.34
	55	8	12.6	93.86	139.71
	60	9.5	14.96	98.23	251.38

ตารางที่ ก.18 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 3

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1.5	35	3.0	4.72	85.73	-
	40	4.0	6.3	88.21	39.18
	45	5.0	7.87	92.67	73.52
	50	6.5	10.23	101.49	102.89
	55	8.5	13.38	96.83	140.71
	60	9.5	14.96	95.23	243.95

ตารางที่ ก.19 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 4

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1.5	35	3.5	5.51	83.55	-
	40	4.0	6.3	92.43	33.91
	45	5.0	7.87	94.62	72.69
	50	6.5	10.23	100.54	100.34
	55	8	12.6	93.86	139.71
	60	9.5	14.96	101.34	240.38

ตารางที่ ก.20 ผลการทดลองการนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55, 60 องศาเซลเซียส ตาลำดับ ด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ ครั้งที่ 5

ความหนาน้ำแป้ง (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิน้ำแป้ง (องศาเซลเซียส)	ความเร็วสายพาน (เมตร/นาที)	ปริมาณน้ำแป้ง (กิโลกรัม/นาที)	ปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการนึ่ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1.5	35	3.5	5.51	80.4	-
	40	4.5	7.08	90.12	34.74
	45	5.0	7.87	94.62	72.69
	50	6.5	10.23	99.54	99.34
	55	8	12.6	93.86	138.71
	60	10.0	15.75	97.23	242.38

การวิเคราะห์การใช้พลังงานในการนึ่งก๋วยเตี๋ยว

ในการนึ่งก๋วยเตี๋ยวนั้นสามารถคำนวณหาค่าพลังงานในการนึ่งได้จากสมการ

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

โดยในส่วนผสมของน้ำแป้งนั้นมีอัตราส่วนของน้ำและข้าวอยู่ที่ 1:1 คิดที่น้ำหนักของน้ำแป้ง 1 กิโลกรัม จะได้ น้ำ 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 กิโลกรัม/ชั่วโมง

ดังนั้นพลังงานที่ใช้ในการนึ่งก๋วยเตี๋ยว คือ 71,320 kJ/hr