การศึกษาการประหยัดพลังงานในการนึ่งก๋วยเตี๋ยวในอุตสาหกรรม

A study of Energy Reduction in Steaming Process of Noodle Manufacturing

รกฤษ ณ ระนอง* และ วีระชัย แก่นทรัพย์

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 หมู่ 1 ถนนประชาอุทิศ 48 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
*E-mail: i_am_grit@hotmail.com, 081-9256605

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประหยัดพลังงานในการนึ่งก๋วยเตี๋ยวของบริษัท ไทยเอเชียไรซ์ โปรดักส์ จำกัด โดยศึกษาผลของการเพิ่มอุณหภูมิน้ำแป้งก่อนนึ่ง จากเดิมที่นึ่งด้วยเครื่องนึ่งยาว 15 เมตร นึ่งน้ำแป้งที่อุณหภูมิบรรยากาศ ความหนาน้ำแป้ง 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ความเร็วสายพาน 6 เมตรต่อนาที เปรียบเทียบการใช้พลังงานกับเครื่องนึ่งแบบใหม่ความยาว 3 เมตร ที่นึ่งโดยเพิ่มอุณหภูมิน้ำแป้งเป็น 35, 40, 45, 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เพื่อหาความเร็วสายพานที่ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวสุกในแต่ละอุณหภูมิ จากการทดลองพบว่า การเพิ่มอุณหภูมิน้ำแป้งก่อนนึ่งนั้นสามารถลดพลังงานในการนึ่งได้สูงสุด 3 เท่า ที่อัตราผลิตเดียวกัน และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราผลิตที่ได้ก็สูงขึ้นตามไปด้วย แต่พลังงานที่ใช้ยังน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบันโดยอัตราผลิตสูงสุดที่ได้ คือ 907.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิน้ำแป้ง 60 องศาเซลเซียส โดยคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวที่ได้เป็นไปตามมาตรฐานของบริษัท นอกจากนั้นยังลดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้มอเตอร์ได้สูงสุด 62.3 เปอร์เซ็นต์

คำหลัก: การประหยัดพลังงาน, การนึ่ง, ก๋วยเตี๋ยว

Abstract

This research was aimed to reduce energy consumption during noodle steaming process at Thai Asia Rice Product Company. The study focused on the effects of starch inlet temperature and belt speed on the required leading time of the steaming process. The current process, which operates on the belt 15 meters in length at the speed of 6 m/s was replaced by the belt 3 meters in length and the starch inlet temperatures of 35, 40, 45, 50, 55 and 60 °C. The belt speed was also varied to obtain the suitable operating for noodle steaming process. The results show that the energy consumption could be reduced by one-third of the current process, while the quality and capacity of the process could be maintained. An increase in the steaming temperature seems to increase the production rate, while reducing the overall energy consumption. The maximum production rate of 907.2 kg/h could be obtained at the starch temperature of 60 °C with the same certified quality of the company. Thus, the energy consumed by the electric motor could be reduced by up to 62.3%.

Keywords: Energy reduction, Steaming, Noodle, Steam

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตก๋วยเตี๋ยวได้เติบโตขึ้นอย่างมาก เนื่องจากเป็นอาหารที่รับประทานง่าย ราคาไม่แพง สามารถนำไปประกอบอาหารได้หลากหลาย ทำให้การแข่งขันทางการค้าสูงขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยเฉพาะคู่แข่งสำคัญอย่างเวียดนามและพม่าซึ่งเป็น

ประเทศที่มีการส่งออกข้าวเป็นอันดับต้นๆ ของโลกและมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าประเทศไทยมาก ซึ่งข้าวเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตก๋วยเตี๋ยว หากเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตก๋วยเตี๋ยวในจุดนี้ถือเป็นข้อเสียเปรียบอย่างมาก ดังนั้นการลดต้นทุนในการผลิตด้านอื่นๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ประกอบการต้องคำนึงถึง โดยต้นทุนด้านพลังงานถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อต้นทุนในการผลิต ซึ่งค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้นหากเปรียบเทียบกับในอดีต เมื่อมาพิจารณาขั้นตอนการผลิตก๋วยเตี๋ยว พบว่า กระบวนการนึ่งถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว เนื่องจากเป็นกระบวนการทำให้น้ำแป้งกลายเป็นแผ่นก๋วยเตี๋ยว โดยการนึ่งในปัจจุบันนั้นจะใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อนกับก๋วยเตี๋ยวโดยตรง ซึ่งมีปริมาณการใช้เกินความจำเป็นอยู่มากและยังเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคด้วยเพราะน้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำต้องมีการใส่สารเคมีเพื่อป้องกันการเกิดตะกรัน นอกจากนั้นเครื่องนึ่งที่ใช้ในการนึ่งก๋วยเตี๋ยวนั้นมีขนาดใหญ่ทำให้ยากต่อการทำความสะอาดซึ่งถือเป็นมาตรฐานสำคัญของอุตสาหกรรมอาหาร ดังนั้นการศึกษาการประหยัดพลังงานในการนึ่งเส้นก๋วยเตี๋ยวจึงมีความจำเป็นอย่างมาก เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตก๋วยเตี๋ยวให้มีต้นทุนพลังงานที่ต่ำลงและสามารถผลิตสินค้าได้อย่างมีคุณภาพ

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

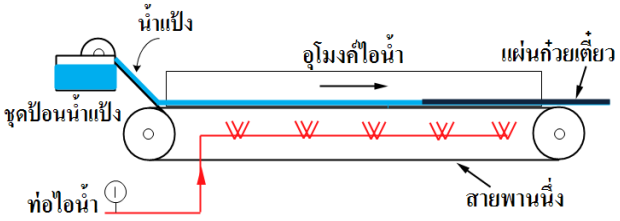
2.1 อุปกรณ์การทดลอง

2.2.1 น้ำแป้งสำหรับผลิตก๋วยเตี๋ยว

น้ำแป้งที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำแป้งที่มีส่วนผสมของแป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลังและน้ำเป็นหลัก โดยใช้สูตรส่วน ผสมของบริษัท ไทยเอเชียไรซ์ โปรดักส์ จำกัด จังหวัดแพร่

2.1.2 เครื่องนึ่งก๋วยเตี๋ยวที่ใช้ในปัจจุบัน

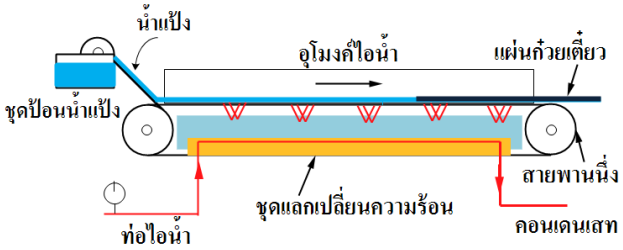
เป็นเครื่องนึ่งก๋วยเตี๋ยวที่ใช้ในปัจจุบัน ใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำเพื่อนึ่งน้ำแป้งให้สุก ตัวเครื่องมีความยาว 15 เมตร



รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน

2.1.3 เครื่องนึ่งก๋วยเตี๋ยวแบบใหม่

เป็นเครื่องนึ่งก๋วยเตี๋ยวที่ออกแบบใหม่ที่ให้ความร้อนกับน้ำแป้ง โดยใช้ไอน้ำสะอาดที่ได้จากการแลกเปลี่ยนระหว่างน้ำสะอาดกับไอน้ำจากหม้อไอน้ำ โดยตัวเครื่องมีความยาว 3 เมตร



รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของเครื่องนึ่งแบบใหม่

2.2 วิธีการทดลอง

การทดลองสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน ดังนี้

2.2.1 ทดลองนึ่งก๋วยเตี๋ยวด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบันที่อุณหภูมิน้ำแป้ง 35 องศาเซลเซียส ความเร็วสายพาน 6 เมตรต่อนาที โดยเปลี่ยนความหนาน้ำแป้ง 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทำการเก็บข้อมูลการใช้ปริมาณไอน้ำและไฟฟ้า

2.2.2 ทดลองนึ่งก๋วยเตี๋ยวด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ที่อุณหภูมิน้ำแป้ง 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความหนาน้ำแป้ง 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ หาความเร็วสายพานที่น้ำแป้งสุก ทำการเก็บข้อมูลการใช้ปริมาณไอน้ำและไฟฟ้า

2.3 สถานที่ทำการทดลอง

โรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยว บริษัท ไทยเอเชียไรซ์ จำกัด ตั้งอยู่ที่ 239 หมู่ 12 ตำบลป่าแมต อำเภอเมือง จังหวัดแพร่

3. ผลการทดลอง

จากการทดลองนึ่งก๋วยเตี๋ยวด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน ที่อุณหภูมิน้ำแป้ง 35 องศาเซลเซียส ความเร็วสายพาน 6 เมตรต่อนาที ความหนาน้ำแป้ง 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นสภาวะที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน พบว่าอัตราการใช้ไอน้ำอยู่ที่ 454 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยอัตราผลิตอยู่ที่ 282.2, 403.2 และ 604.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับมอเตอร์อยู่ที่ 0.93, 1.13 และ 1.27 กิโลวัตต์ชั่วโมง ส่วนผลการทดลองนึ่งด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ แสดงดังตารางที่ 3.1-3.3

ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 0.7 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิน้ำแป้ง 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิน้ำแป้ง (°c)	ความเร็วสายพาน (m/min)	ปริมาณน้ำแป้ง (kg/hr)	ปริมาณไอน้ำในการนึ่ง (kg/hr)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (kg/hr)
35	4.4	194.04	41.96	-
40	5	220.5	42.23	7.32
45	7	308.7	51.5	28.45
50	9.2	405.72	57.66	59.7
55	10.5	463.05	64.38	85.27
60	12.4	546.84	70.69	127.85

ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิน้ำแป้ง 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิน้ำแป้ง (°c)	ความเร็วสายพาน (m/min)	ปริมาณน้ำแป้ง (kg/hr)	ปริมาณไอน้ำในการนึ่ง (kg/hr)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (kg/hr)
35	4.1	258.3	67.03	-
40	4.8	302.4	69.54	14.05
45	5.5	346.5	71.37	38
50	7.4	466.2	78.62	82.34
55	8.8	554.4	88.13	117.12
60	10.3	648.9	92.19	178.69

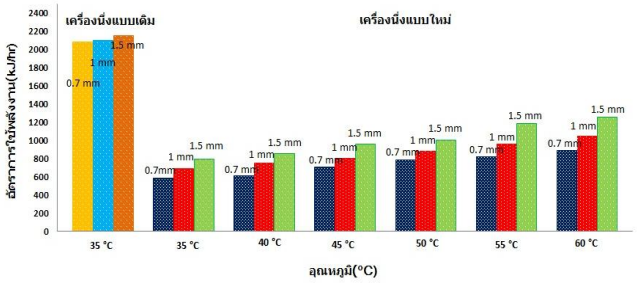
ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองนึ่งน้ำแป้งที่ความหนา 1.5 มิลลิเมตร ที่อุณหภูมิน้ำแป้ง 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิน้ำแป้ง (°c)	ความเร็วสายพาน (m/min)	ปริมาณน้ำแป้ง (kg/hr)	ปริมาณไอน้ำในการนึ่ง (kg/hr)	ปริมาณไอน้ำในการอุ่นน้ำแป้ง (kg/hr)
35	3.4	321.3	83.4	-
40	4.2	396.9	91.26	33.62
45	5	472.5	99.62	72.63
50	6.5	614.25	108.79	100.87
55	8.2	774.9	119.2	139.8
60	9.6	907.2	126.68	242.1

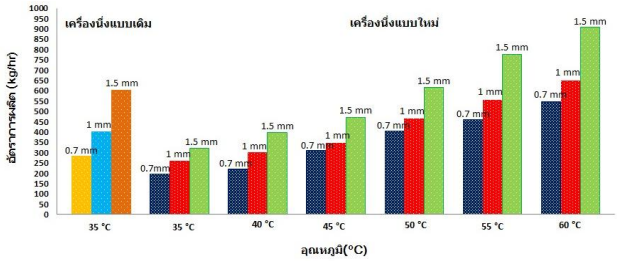
ตารางที่ 3.4 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า

	ความหนา (mm)	อุณหภูมิ (°C)	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)
เครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน	0.7	35	0.93
	1	35	1.13
	1.5	35	1.27
เครื่องนึ่งแบบใหม่	0.7	35	0.3
		40	0.34
		45	0.35
		50	0.4
		55	0.5
		60	0.52
	1	35	0.3
		40	0.3
		45	0.4
		50	0.5
		55	0.5
		60	0.6
	1.5	35	0.3
		40	0.4
		45	0.5
		50	0.5
		55	0.6
		60	0.6

โดยผลการทดลองนึ่งก๋วยเตี๋ยวการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งแบบใหม่ใช้พลังงานในการนึ่งน้อยกว่าการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบัน ส่วนผลของการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำแป้งมีผลต่อความเร็วสายพานที่ใช้ในการนึ่ง โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิของน้ำแป้งสูงขึ้น ความเร็วสายพานก็จะเพิ่มขึ้นด้วยส่งผลให้อัตราผลิตในการนึ่งสูงขึ้นด้วย แต่ข้อจำกัดของการเพิ่มอุณหภูมิน้ำแป้ง คือ การเปลี่ยนสภาพของน้ำแป้งไปเป็นเจลก่อนจะเข้าเครื่องนึ่ง โดยอุณหภูมิต่ำสุดที่ให้อัตราผลิตและคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวใกล้เคียงกับการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งแบบเดิม คือ 40, 45 และ 50 องศาเซลเซียส ที่ความหนา 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่การใช้พลังงานโดยรวมยังน้อยกว่าการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งแบบเดิม



รูปที่3.1 แสดงกราฟเปรียบเทียบการใช้พลังงานไอน้ำระหว่างเครื่องนึ่งแบบเก่ากับเครื่องนึ่งแบบใหม่



รูปที่3.2 แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการผลิตระหว่างเครื่องนึ่งแบบเก่ากับเครื่องนึ่งแบบใหม่

4. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการประหยัดพลังงานการนึ่งแผ่นก๋วยเตี๋ยว โดยศึกษาผลของอุณหภูมิของน้ำแป้งก่อนเข้าเครื่องนึ่งและความเร็วของสายพาน โดยใช้เครื่องนึ่งแบบใหม่ซึ่งเป็นเครื่องนึ่งความยาว 3 เมตรและใช้ไอน้ำมาแลกเปลี่ยนกับน้ำเพื่อสร้างไอน้ำให้ความร้อนกับน้ำแป้ง ทั้งนี้อุณหภูมิของน้ำแป้งที่ศึกษาเป็นอุณหภูมิ 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส ความหนาของน้ำแป้งที่เข้าเครื่องนึ่ง คือ 0.7, 1 และ 1.5 มิลลิเมตร ในส่วนของการใช้พลังงานมีการเก็บข้อมูลการใช้ไอน้ำและการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานกับเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งมีความยาว 15 เมตรใช้ไอน้ำจากหม้อไอน้ำสัมผัสกับน้ำแป้งโดยตรงและเป็นการป้อนน้ำแป้งที่อุณหภูมิปกติ ความเร็วสายพานที่ใช้อยู่ที่ประมาณ 6 เมตรต่อนาที จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า

4.1 การเพิ่มอุณหภูมิน้ำแป้งก่อนเข้าเครื่องนึ่งสามารถลดพลังงานในการนึ่งแผ่นก๋วยเตี๋ยวได้สูงสุด 3 เท่าที่อัตราผลิตเดียวกัน แต่หากคิดที่อัตราผลิตสูงสุดที่ทำได้เมื่อเทียบกับแบบเดิมสามารถลดพลังงานได้ประมาณ 5 เท่า โดยคุณภาพของก๋วยเตี๋ยวที่ได้เป็นไปตามมาตรฐานของทางโรงงาน

4.2 จากการวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบันและแบบใหม่ พบว่าเครื่องนึ่งที่ใช้ในปัจจุบันใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าเครื่องนึ่งแบบใหม่ ที่อัตราผลิตและอุณหภูมิน้ำแป้งเดียวกันสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการใช้มอเตอร์ได้สูงสุด 62.3 เปอร์เซ็นต์

4.3 จากการศึกษาข้อได้เปรียบของเครื่องนึ่งแบบใหม่และแบบที่ใช้ในปัจจุบัน นอกจากด้านพลังงานที่ใช้แล้วนั้น พบว่า เครื่องนึ่งแบบใหม่นั้นมีขนาดสั้นลง ทำให้ลดพื้นที่ในการผลิตได้ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และทำให้ค่าใช้จ่ายของสายพานผ้าลดลงตามไปด้วยเป็นการประหยัดต้นทุนได้ถึง 35,250 บาทต่อปีต่อเครื่อง นอกจากนั้นแล้วด้วยขนาดที่สั้นทำให้ใช้เวลาในการทำความสะอาด ระยะเวลาในการเปลี่ยนสายพานและแรงงานน้อยลงด้วย

5. ข้อเสนอแนะ

5.1 เนื่องจากเครื่องนึ่งแบบใหม่เป็นการใช้ไอน้ำแลกเปลี่ยนกับน้ำเพื่อสร้างไอน้ำดังนั้นจะได้น้ำคอนเดนเสทซึ่งสามารถนำน้ำส่วนนี้ไปใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำที่จะใช้ป้อนเข้าเครื่องนึ่งเพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำหรือหากไม่ต้องการใช้ก็สามารถนำคอนเดนเสทกลับเข้าหม้อไอน้ำเป็นการลดพลังงานในการผลิตไอน้ำและยังสามารถลดปริมาณน้ำที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำได้

5.2 เนื่องจากในกระบวนการนึ่งนั้นเป็นแบบต่อเนื่องทำให้มีไอน้ำจำนวนหนึ่งออกมาจากเครื่องทางด้านหน้าและหลังของเครื่อง ทำให้สูญเสียพลังงานความร้อนไปส่วนหนึ่งอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ นอกจากนั้นยังทำให้อุณหภูมิและความชื้นภายในโรงงานสูงขึ้น ดังนั้นควรมีการติดตั้งระบบดูดอากาศเพื่อช่วยดูดไอส่วนนี้ทิ้งหรืออาจจะนำไปใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าเครื่องนึ่งได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ โรงงานไทยเอเชียไรซ์ โปรดักส์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Cengel,Y.A. and Boles, M.A. (2011), *Thermodynamics An Engineering Approach*, 6th ed, McGraw Hill International Enterprises, Inc.

[2] Guoquan,H., Mark,K. (1998). *Asian noodle technology*, Technical Bulletin, vol. 20 iss.12, pp1-10.

[3] Incropera, F.P. and Dewitt, D.P., (1990), *Fundamentals of Heat and Mass Tranfer*, Jonh Wiley & Sons, Inc, New York, pp. 1-49.

[4] กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553), *หลักการปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) อุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่*, กลุ่มเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร, หน้า 71-113.

[5] คมกริช ถุงคำ (2551). เทคนิคในการนำความร้อนทิ้งกลับคืนสำหรับกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวและอาหารกระป๋อง, *วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตวิศวกรรมพลังงาน*, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[6] ปาริฉัตร ศุภชลัสถ์ (2543). การประหยัดพลังงานและเทคโนโลยีสะอาดในอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่, *วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตวิศวกรรมเคมี*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[7] มนตรี พิรุณเกษตร. (2542). การถ่ายเทความร้อน, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์วิทยพัฒน์, กรุงเทพ, หน้า 11-23