

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องคว่ำและนวดม้วนใบชา

4.1.1 ลักษณะและส่วนประกอบของเครื่องคว่ำใบชา

จากการออกแบบได้เครื่องคว่ำใบชาขนาดความกว้าง 0.74 เมตร ยาว 2.89 เมตร สูง 2.10 เมตร ประกอบด้วยโครงรับเครื่อง ตัวถังคว่ำทรงกระบอก ฉนวนกันความร้อน ชุดค้ำกำลังและชุดควบคุมอุณหภูมิ

เครื่องคว่ำใบชาที่สร้างขึ้นสามารถคว่ำใบชาได้สูงสุด 65 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ถังคว่ำเป็นแบบทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 56 เซนติเมตร ความเร็วรอบใช้งานอยู่ในช่วง 7 – 16 รอบต่อนาที มีคียบช่วยสาขงาป้องกันการจับตัวเป็นก้อน ช่วยขนถ่ายใบชาให้ไหลจากเครื่อง และเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน ใช้พลังงานความร้อนจากการเผาก๊าซหุงต้ม ซึ่งมีหัวเผาเตาแก๊ส 4 เตา สามารถควบคุมอุณหภูมิช่วง 30 – 400°C โดยใช้วาล์วโซลินอยด์ควบคุมการปิดเปิดก๊าซ ระบบส่งกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 373 วัตต์ (0.5 แรงม้า)

เครื่องนวดใบชาที่สร้างขึ้นสามารถนวดใบชาได้สูงสุด 26 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ตัวนวดม้วนใบชาเป็นลักษณะทรงกระบอกตั้งซ้อนกันสองชั้น ถึงทั้งสองห่างกัน 2.54 เซนติเมตร ถึงตัวนอกยึดติดกับโครงรับ ถังตัวในประกอบด้วยเส้นเหล็กทองเหลืองคาดตัวถัง ช่วยให้เกิดการนวดม้วนของใบชาและช่วยลำเลียงใบชาออกจากเครื่อง ระบบส่งกำลังใช้มอเตอร์ขนาด 1,492 วัตต์ (2 แรงม้า) สามารถปรับความเร็วรอบใช้งานในช่วง 30 – 60 รอบต่อนาที

4.1.2 การทดสอบเบื้องต้น

เมื่อดำเนินการสร้างเครื่องเสร็จสมบูรณ์แล้ว ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องเพื่อหาความเร็วรอบของเครื่องคว่ำใบชาและเครื่องนวดใบชาที่เหมาะสมต่อการทดลอง

ผลการทดสอบคว่ำใบชาที่ความเร็วรอบช่วง 7 – 25 รอบต่อนาที พบว่าใบชาคว่ำที่ความเร็วรอบต่ำกว่า 7 รอบต่อนาที จะมีลักษณะใบชาแห้งกรอบ เมื่อนำไปนวดแล้วทำให้ใบชาแตกหักและไม่เกิดการนวดม้วนเป็นเส้น ใบชาคว่ำที่ความเร็วรอบมากกว่า 15 รอบต่อนาที ทำให้ใบชาที่คว่ำไม่สุกคือมีกลิ่นเหม็นเขียวและใบยังไม่อ่อนเหนียว เมื่อนำไปนวดแล้วทำให้ใบชาฉีกขาด ไม่เป็น

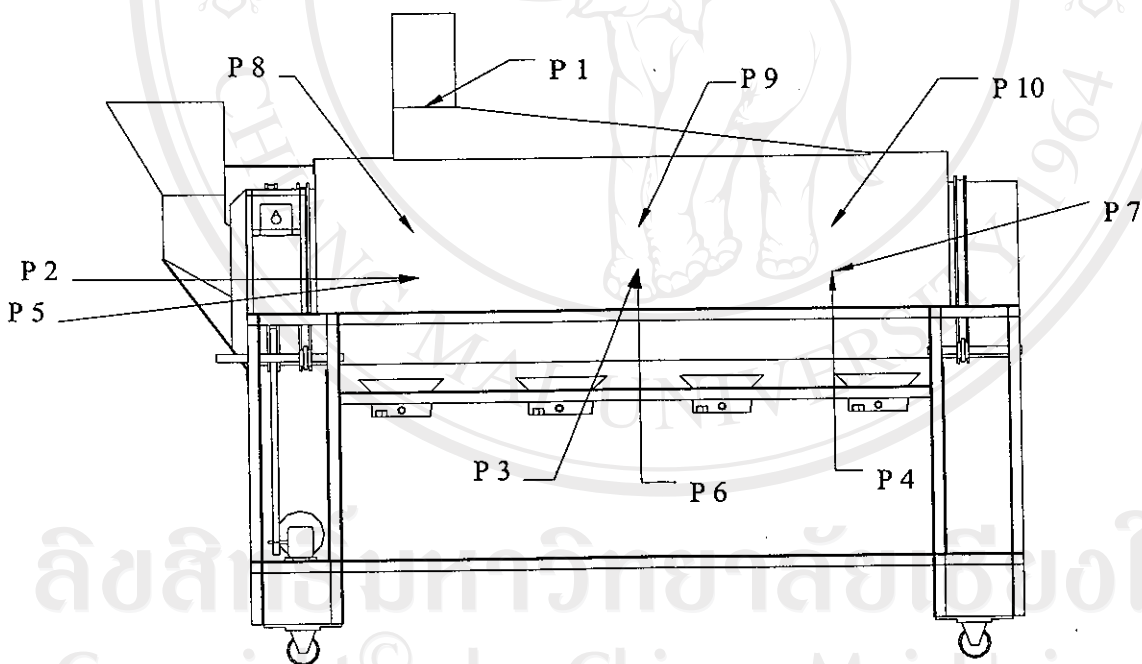
เส้น ได้ค่าความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการทดลองคว่ำใบชาในช่วง 7 – 14 รอบต่อนาที

การทดสอบเครื่องนวดที่ความเร็วรอบช่วง 25 – 75 รอบต่อนาที พบว่าที่ความเร็วรอบต่ำกว่า 30 รอบต่อนาที ใบชาเกิดการอัดแน่นในเครื่องนวด ทำให้ไม่เกิดการไหลของใบชา แต่ถ้าที่ความเร็วสูงกว่า 70 รอบต่อนาที ใบชาไหลผ่านเครื่องนวดเร็วและไม่เกิดการนวดม้วน ได้ค่าความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการทดลองนวดม้วนใบชาอยู่ในช่วง 34 – 68 รอบต่อนาที

4.2 ผลการทดลองคว่ำและนวดม้วนใบชา

4.2.1 การกระจายของอุณหภูมิของเครื่องคว่ำใบชา

ทำการทดลองวัดการกระจายของอุณหภูมิทั้งหมด 10 จุด คือ จุดที่ 1 ปล่อยระบายลมร้อน ทั้ง จุดที่ 2 3 และ 4 วัดอุณหภูมิภายในจานวน จุดที่ 5 6 และ 7 วัดอุณหภูมิภายนอกจานวน จุดที่ 8 9 และ 10 วัดอุณหภูมิภายในจุดกึ่งกลางของถังคว่ำ ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงจุดที่ทำกรวัดอุณหภูมิของเครื่องคว่ำใบชา

ตารางที่ 4.1 อุณหภูมิเฉลี่ยที่จุดต่าง ๆ ของเครื่องคว่ำใบชา

ตารางบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยของเครื่องคว่ำใบชาที่ความเร็วรอบคว่ำ 7.2 รอบต่อนาที											
เวลา	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	เฉลี่ย
0	31.96	32.68	31.42	32.64	33.40	34.94	39.82	31.84	31.38	30.46	33.05 d
2	153.72	166.46	155.36	187.60	34.24	39.44	49.34	51.14	52.16	45.38	93.48 c
4	177.34	188.64	188.12	211.82	36.58	41.92	53.80	72.30	70.26	58.22	109.9b
6	198.80	202.46	207.24	222.62	40.02	47.20	57.58	85.92	85.02	79.10	122.6 a
8	194.80	199.64	203.30	232.88	43.14	49.50	66.56	77.82	75.74	74.02	121.74 a
10	196.76	198.22	195.42	218.50	47.56	53.62	68.18	87.34	85.06	76.84	122.75 a
12	186.22	191.68	198.14	217.66	50.20	57.52	73.68	93.20	89.84	77.40	123.55 a
เฉลี่ย	162.80	168.54	168.43	189.10	40.73	46.31	58.42	71.37	69.92	63.06	
	c	b	b	a	g	f	e	d	d	e	
% CV = 9.82 LSD เวลา _(0.05) = 4.0178 LSD จุดที่วัด _(0.05) = 4.8022											
ตารางบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยของเครื่องคว่ำใบชาที่ความเร็วรอบคว่ำ 9 รอบต่อนาที											
เวลา	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	เฉลี่ย
0	33.6	32.58	34.46	33.78	34.04	36.8	45.74	32.42	33.22	32.86	34.95 d
2	155.68	171.66	149.76	183.68	37.16	43.64	46.76	53.92	54.22	49.6	94.61 c
4	178.24	192.1	173.82	210.58	37.74	44.02	55.36	71.26	73.94	68.38	110.54 b
6	194.42	199.08	205.28	216.02	42.14	46.8	59.9	92.18	93.08	85.26	123.42 a
8	201.7	201.92	200.9	223.32	44.86	51.48	66.46	72.36	81.24	81.5	122.57 a
10	194.96	200.16	218.72	217.12	50.76	56.16	67.42	77.24	81.28	77.4	124.12 a
12	203.2	204.22	203.64	214.72	52.18	60.36	71.72	84.72	84.84	75.02	125.46 a
เฉลี่ย	165.97	171.67	169.51	185.60	42.70	48.47	59.05	69.16	71.69	67.15	
	c	b	bc	a	g	f	e	d	d	d	
% CV = 9.19 LSD เวลา _(0.05) = 3.8013 LSD จุดที่วัด _(0.05) = 4.5434											

* ตัวเลขในแนวนอนและแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ตารางบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยที่จุดต่าง ๆ ของเครื่องคว่ำใบชา

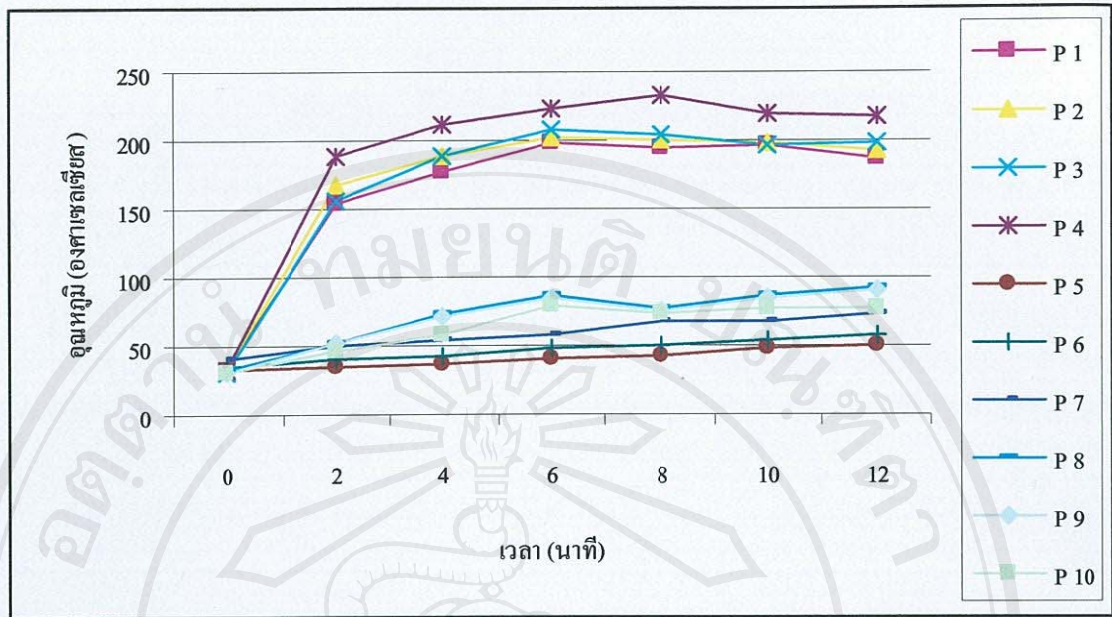
ตารางบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยของเครื่องคว่ำใบชาที่ความเร็วรอบคว่ำ 10.8 รอบต่อนาที											
เวลา	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	เฉลี่ย
0	44.36	36.92	39.96	42.58	40.32	42.1	50.78	40.6	40.38	36.14	41.41 e
2	160.58	183.14	166.76	191.02	42.16	45.72	49.84	63	63.76	56.4	102.24 d
4	181.34	192.58	177.86	196.86	43.94	48.32	53.52	79.92	84.72	76.2	113.53 bc
6	193.38	189.62	197.46	209.9	46.58	49.46	56.2	90.06	93.96	82.64	120.93 a
8	185.42	189.52	176.76	198.7	49.44	54.84	63.18	70.54	82.64	75.7	114.67 b
10	175.56	173.64	169.6	187.28	51.7	56.8	63.58	75.32	87.44	73.42	111.43 bc
12	170.04	161.82	160.62	172.9	54.34	57.14	60.64	85.74	87.26	72.72	108.32 c
เฉลี่ย	158.67	161.03	155.57	171.32	46.93	50.63	56.82	72.17	77.17	67.60	
	b	b	b	a	f	ef	e	cd	c	d	
% CV = 13.77 LSD เวลา _(0.05) = 5.5187 LSD จุดที่วัด _(0.05) = 6.5962											
ตารางบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยของเครื่องคว่ำใบชาที่ความเร็วรอบคว่ำ 12.6 รอบต่อนาที											
เวลา	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	เฉลี่ย
0	48	40.94	41.88	43.46	40.38	43.96	47.62	44.98	46	41.6	43.88 e
2	166.96	179.9	176.22	186.8	42.22	44.6	53	62.96	64.96	57.22	103.48 d
4	186.68	200.96	193.58	209.1	44.9	49.2	54.88	83.1	86.46	81.4	119.03 bc
6	198.2	201.22	193.4	211.02	47.44	53.04	62.66	95.66	100.12	100.72	126.35 a
8	188.24	179.16	168.04	194.88	50.92	55.18	62.18	75.24	89.08	83.72	114.66 c
10	190.82	189.04	186.26	210.8	53.26	60.06	67.06	81.64	89.8	73.16	120.19 b
12	190.3	166.92	157.42	179.56	55.54	60.12	65.28	97.32	97.64	80.68	115.08 c
เฉลี่ย	167.03	165.45	159.54	176.52	47.81	52.31	58.95	77.27	82.01	74.07	
	b	bc	c	a	g	g	f	de	d	e	
% CV = 12.11 LSD เวลา _(0.05) = 5.0573 LSD จุดที่วัด _(0.05) = 6.0447											

* ตัวเลขในแนวนอนและแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ตารางบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยที่จุดต่าง ๆ ของเครื่องคว่ำใบชา

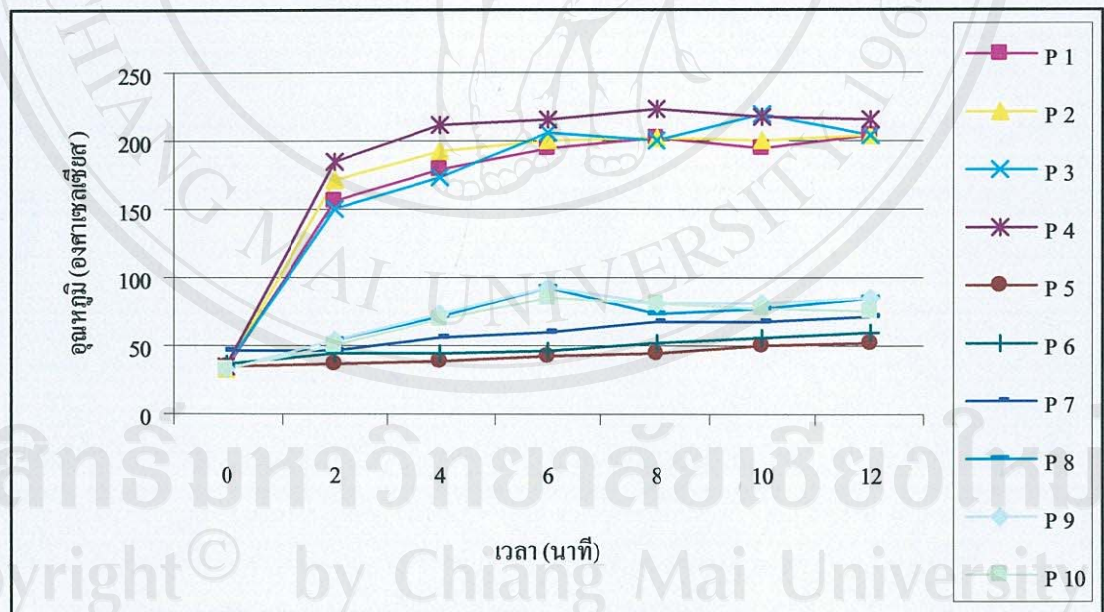
ตารางบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยของเครื่องคว่ำใบชาที่ความเร็วรอบคว่ำ 14.4 รอบต่อนาที											
เวลา	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	เฉลี่ย
0	44.6	42.36	41.12	43.02	38.76	40.48	45.6	41.24	43.52	38.46	41.92 e
2	167.66	182.06	165.74	183.96	43.48	46.44	49.22	64.78	65.24	65.86	103.44 c
4	186.44	189.22	189.9	213.04	45	50.76	57.9	81.5	83.78	82.02	117.96 b
6	200.46	206.18	199.94	221.78	48.5	52.44	60.3	86.16	93.48	95.08	126.43 a
8	188.76	196.3	191.56	210.9	50.5	54.56	64.44	80.46	82.7	79.98	120.02 b
10	186.44	196.02	199.32	220.8	53.48	58.86	68.34	80.5	76.74	79.92	122.04 ab
12	197.5	186.78	183.08	202.16	55.32	64.08	75.16	83.4	86.64	83.54	121.77 b
เฉลี่ย	167.41	171.27	167.24	185.09	47.86	52.52	60.14	74.01	76.01	74.98	
	b	b	b	a	e	e	d	c	c	c	
% CV = 10.40		LSD เวลา _(0.05) = 4.4068					LSD จุดที่วัด _(0.05) = 5.2671				
ตารางบันทึกอุณหภูมิเฉลี่ยของเครื่องคว่ำใบชาที่ทุกความเร็วรอบ											
เวลา	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	เฉลี่ย
0	40.50	37.10	37.77	39.10	37.38	39.66	45.91	38.22	38.90	35.90	39.04 e
2	160.92	176.64	162.77	186.61	39.85	43.97	49.63	59.16	60.07	54.89	99.45 d
4	182.01	192.70	184.66	208.28	41.63	46.84	55.09	77.62	79.83	73.24	114.19 c
6	197.05	199.71	200.66	216.27	44.94	49.79	59.33	90.00	93.13	88.56	123.94 a
8	191.78	193.31	188.11	212.14	47.77	53.11	64.56	75.28	82.28	78.98	118.73 b
10	188.91	191.42	193.86	210.90	51.35	57.10	66.92	80.41	84.06	76.15	120.11 b
12	189.45	182.28	180.58	197.40	53.52	59.84	69.30	88.88	89.24	77.87	118.84 b
เฉลี่ย	164.38	167.59	164.06	181.53	45.21	50.04	58.68	72.79	75.36	69.37	
	c	b	c	a	h	g	f	d	d	e	
% CV = 13.74		LSD เวลา _(0.05) = 2.5280					LSD จุดที่วัด _(0.05) = 3.0214				

* ตัวเลขในแนวนอนและแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



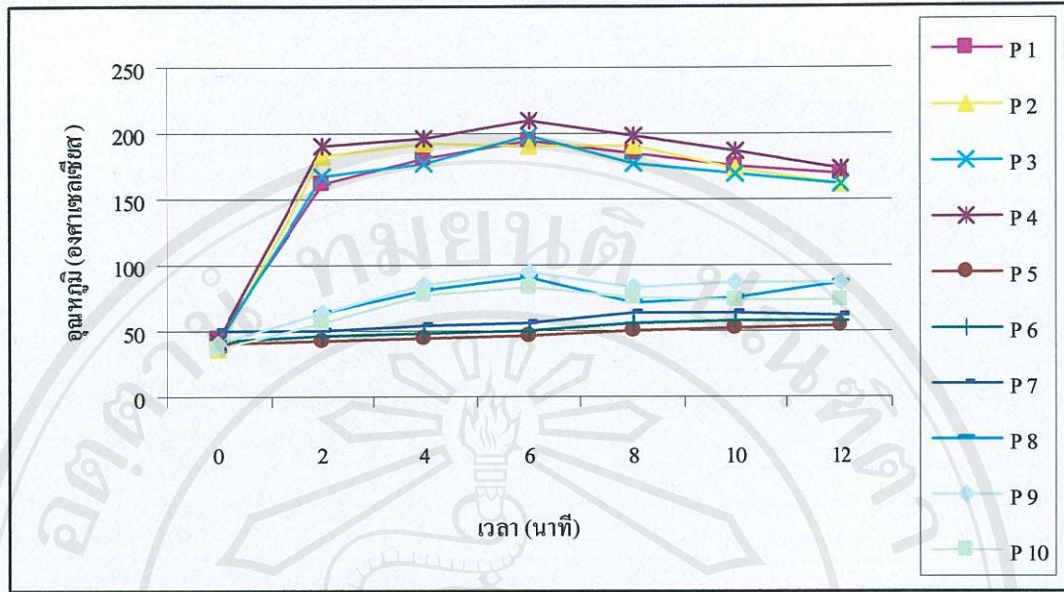
* หมายถึง P1 ถึง P10 เป็นจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการกระจายของอุณหภูมิเฉลี่ยที่ความเร็วรอบคั่ว 7.2 รอบต่อนาที



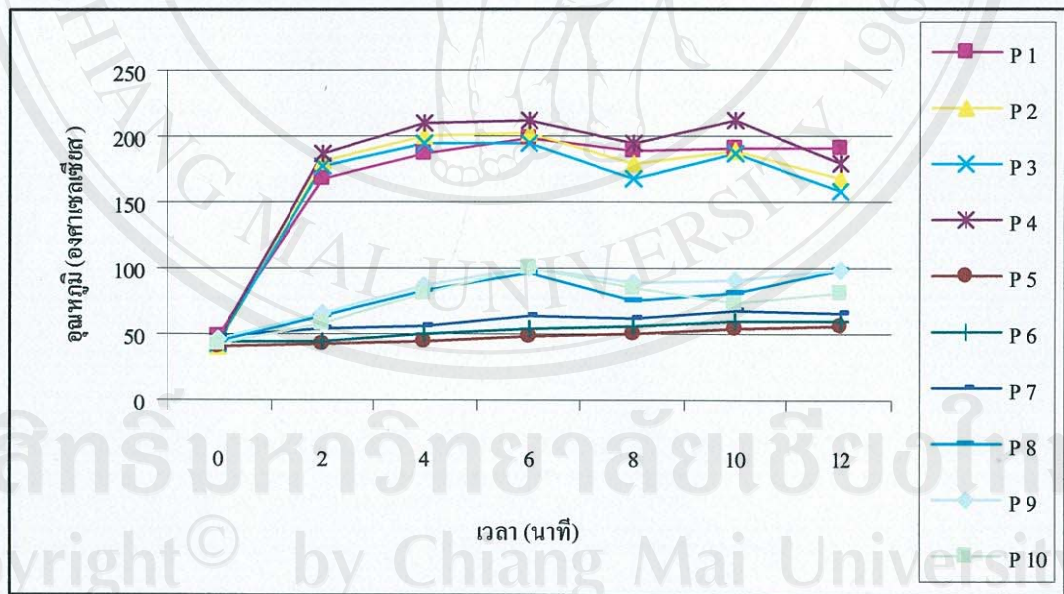
* หมายถึง P1 ถึง P10 เป็นจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการกระจายของอุณหภูมิเฉลี่ยที่ความเร็วรอบคั่ว 9 รอบต่อนาที



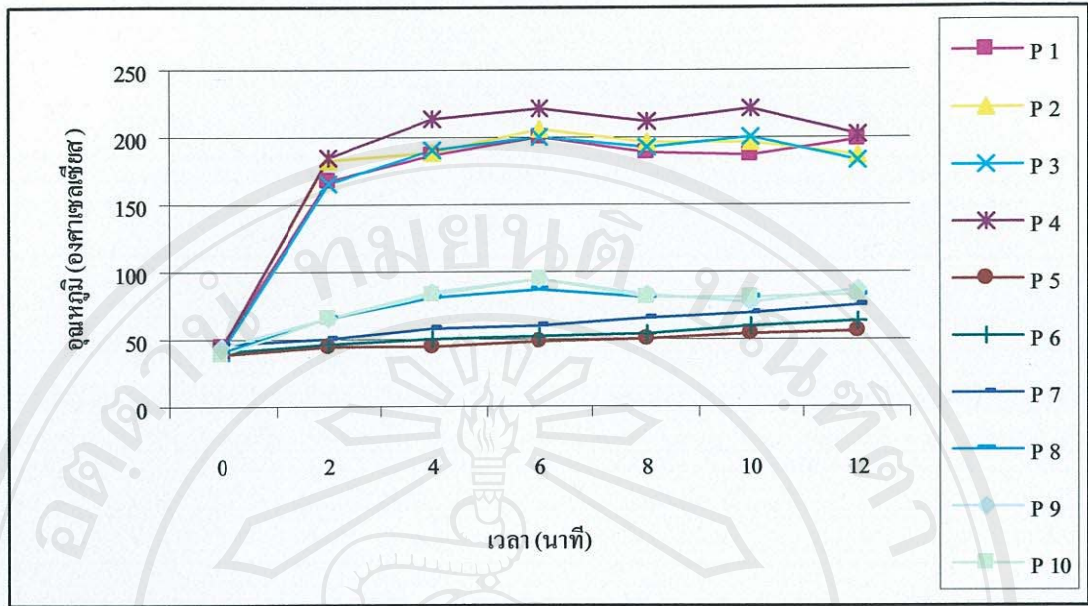
* หมายถึง P1 ถึง P10 เป็นจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงการกระจายของอุณหภูมิเฉลี่ยที่ความเร็วรอบคั่ว 10.8 รอบต่อนาที



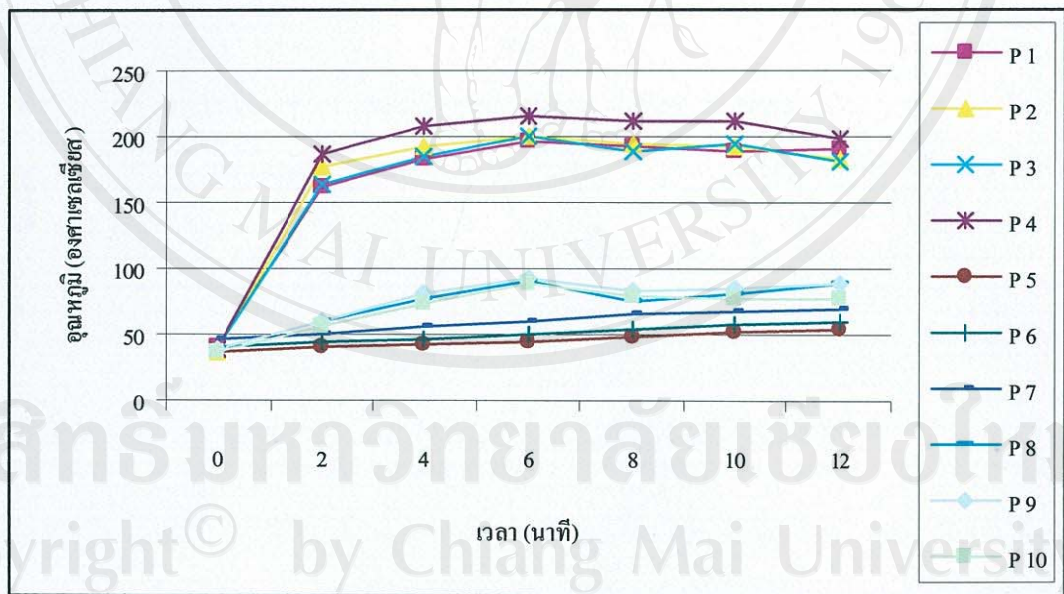
* หมายถึง P1 ถึง P10 เป็นจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 4.5 กราฟแสดงการกระจายของอุณหภูมิเฉลี่ยที่ความเร็วรอบคั่ว 12.6 รอบต่อนาที



* หมายเหตุ P1 ถึง P10 เป็นจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการกระจายของอุณหภูมิเฉลี่ยที่ความเร็วรอบคือ 14.4 รอบต่อนาที



* หมายเหตุ P1 ถึง P10 เป็นจุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการกระจายของอุณหภูมิเฉลี่ยที่ความเร็วรอบคือทุกความเร็วรอบ

เมื่อนำการกระจายของอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ จากการทดลองทั้งหมด 25 ครั้ง มาวิเคราะห์ทางสถิติดังแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ที่ความเร็วรอบการคว่ำทั้ง 5 ความเร็วรอบ การกระจายของอุณหภูมิของเครื่องที่จุดต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่เวลาต่าง ๆ กัน อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำการกระจายของอุณหภูมิทุกความเร็วรอบมาวิเคราะห์พบว่า การกระจายของอุณหภูมิเฉลี่ยที่จุดต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถแบ่งได้ 8 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือจุดที่ 4 อุณหภูมิเฉลี่ย 181.53°C

กลุ่มที่ 2 คือจุดที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ย 169.7°C

กลุ่มที่ 3 คือจุดที่ 1 และ 3 อุณหภูมิเฉลี่ย 164.38°C และ 164.06°C ตามลำดับ

กลุ่มที่ 4 คือจุดที่ 8 และ 9 อุณหภูมิเฉลี่ย 72.79°C และ 75.36°C ตามลำดับ

กลุ่มที่ 5 คือจุดที่ 10 อุณหภูมิเฉลี่ย 69.37°C

กลุ่มที่ 6 คือจุดที่ 7 อุณหภูมิเฉลี่ย 58.68°C

กลุ่มที่ 7 คือจุดที่ 6 อุณหภูมิเฉลี่ย 50.04°C

กลุ่มที่ 8 คือจุดที่ 5 อุณหภูมิเฉลี่ย 45.21°C

เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มที่แตกต่างกัน 8 กลุ่มกับจุดที่ทำการวัด (รูปที่ 4.1) พบว่าจุดที่ 2 3 และ 4 มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะจุดที่ทำการวัดอยู่ตรงกับตำแหน่งเตาเผา ก๊าซไม่เท่ากัน ทำให้อุณหภูมิที่ได้แตกต่างกัน ส่งผลให้จุดที่ 5 6 และ 7 ได้รับความร้อนไม่เท่ากัน ด้วย จึงทำให้อุณหภูมิที่วัดได้แตกต่างกัน เนื่องจากทำการวัดที่ตำแหน่งเดียวกันกับจุดที่ 2 3 และ 4 แต่วัดที่ผิวฉนวนด้านนอก จุดที่ 10 ต่างจากจุดที่ 8 และ 9 เนื่องจากเป็นจุดที่อยู่ใกล้กับทางออกของเครื่อง ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมมากกว่า

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยที่เวลาต่าง ๆ กันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถแบ่งได้ 5 กลุ่มคือ

กลุ่มที่ 1 คือเวลานาทีที่ 6 อุณหภูมิเฉลี่ย 123.94°C

กลุ่มที่ 2 คือเวลานาทีที่ 8 10 และ 12 อุณหภูมิเฉลี่ย 118.73°C 120.11°C และ 118.84°C ตามลำดับ

กลุ่มที่ 3 คือเวลานาทีที่ 4 อุณหภูมิเฉลี่ย 114.19°C

กลุ่มที่ 4 คือเวลานาทีที่ 2 อุณหภูมิเฉลี่ย 99.45°C

กลุ่มที่ 5 คือเวลานาทีที่ 0 อุณหภูมิเฉลี่ย 39.04°C

จะสังเกตได้ว่าช่วงเวลานาทีที่ 0 – 6 มีความแตกต่างกัน เนื่องจากเป็นช่วงที่ทำการอุ่นเครื่อง ให้ได้อุณหภูมิ 200°C ช่วงเวลานาทีที่ 8 – 12 ไม่มีความแตกต่างกันเพราะมีใบชาไหลอยู่ในเครื่องอย่างต่อเนื่อง และเกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับใบชา และระบบควบคุมอุณหภูมิจะทำการเปิดปิด ก๊าซไม่ให้เกิน 200°C

เมื่อนำอุณหภูมิเฉลี่ยที่จุดต่าง ๆ ของแต่ละความเร็วรอบมาวาดกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ถึง 4.7 จะเห็นว่าได้กราฟการกระจายของอุณหภูมิที่คล้าย ๆ กันคือ อุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากนาที่ที่ 0 ถึงนาที่ที่ 6 ซึ่งเป็นช่วงการอุ่นเครื่องให้ได้อุณหภูมิ 200°C และเริ่มการป้อนใบชา ในนาที่ที่ 6 – 8 อุณหภูมิจุดที่ 1 2 3 4 8 9 และ 10 เริ่มลดลงเล็กน้อย เนื่องจากมีใบชาไหลเติมอย่างต่อเนื่องภายในถังคั่วและเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างแหล่งความร้อนให้กับใบชา ในนาที่ที่ 10 – 12 อุณหภูมิค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยไม่เกิน 200°C เพราะระบบควบคุมอุณหภูมิ การเปิดปิดของก๊าซทำงาน ส่วนอุณหภูมิที่ผิวฉนวนด้านนอก (จุดที่ 5 6 และ 7) มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามเวลาการสะสมความร้อนจากแหล่งความร้อน

4.2.3 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องคั่วใบชา

จากการทดลองคั่วใบชาทั้งหมด 15 ครั้ง ดังผลแสดงในตารางผนวกที่ 2 ใบชาสดก่อนคั่วมีความชื้นเฉลี่ย 71.69% มาตรฐานเปียก มีน้ำหนักน้ำเฉลี่ย 1.43 กิโลกรัม เมื่อผ่านการคั่วแล้วใบชา มีความชื้นเฉลี่ย 59.30% มีน้ำหนักน้ำเฉลี่ย 0.83 กิโลกรัม ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากใบชาเฉลี่ย 0.61 กิโลกรัม โดยสิ้นเปลืองปริมาณก๊าซเฉลี่ย 0.23 กิโลกรัมต่อครั้ง จากสมการที่ 2.6 คำนวณค่าความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ 0.61 กิโลกรัมได้เท่ากับ 1,380.16 kJ จากสมการที่ 2.7 คำนวณหาปริมาณความร้อนที่ได้จากเผาไหม้ก๊าซหุงต้มเฉลี่ยเท่ากับ 11,719.50 kJ จากสมการที่ 2.5 คำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องคั่วใบชาต่อครั้งอยู่ในช่วง 8.14% – 14.24% ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องคั่วเฉลี่ย 12.24% ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จะเห็นว่าค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องคั่วใบชามีค่าต่ำ เนื่องจากความชื้นใบชาเริ่มต้นสูง ใช้ระยะเวลาในการคั่วสั้น ทำให้ปริมาณน้ำที่ระเหยออกมาน้อย หนึ่ง วัตถุประสงค์ของการคั่วใบชาเพื่อเป็นการหยุดปฏิกิริยาการหมักและปฏิกิริยาทางเคมีในใบชา และเพื่อให้ใบชา เหนียวนุ่ม เมื่อนำไปนวดม้วนแล้วใบชาไม่ฉีกขาด ยังคงเป็นใบอยู่

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องคั่วใบชา

การทดลองที่	ความเร็วรอบการคั่ว (rpm)	ความชื้นก่อนคั่ว (%wb)	ความชื้นหลังคั่ว (%wb)	น้ำหนักน้ำก่อนคั่ว (kg)	น้ำหนักน้ำหลังคั่ว (kg)	ปริมาณน้ำที่ระเหย (kg)	ปริมาณก๊าซที่ใช้ (kg)	Q_d (kJ)	Q_r (kJ)	η
1	7.2	72.85	57.63	1.46	0.74	0.72	0.2	1,634.4	10,045.28	16.67
2	7.2	71.85	58.8	1.44	0.8	0.63	0.2	1,430.1	10,045.28	14.24
3	7.2	73.04	59.21	1.46	0.78	0.68	0.2	1,543.6	10,045.28	15.37
4	9.0	72.28	58.43	1.45	0.78	0.67	0.2	1,520.9	10,045.28	15.14
5	9.0	71.34	58.5	1.43	0.81	0.62	0.2	1,407.4	10,045.28	14.01
6	9.0	71.59	59.6	1.43	0.84	0.59	0.2	1,39.3	10,045.28	13.33
7	10.8	71.75	58.09	1.44	0.78	0.65	0.2	1,475.5	10,045.28	14.69
8	10.8	71.2	59.68	1.42	0.85	0.57	0.2	1,293.9	10,045.28	12.88
9	10.8	71.7	61.58	1.43	0.91	0.53	0.2	1,203.1	10,045.28	11.98
10	12.6	70.44	61.18	1.41	0.93	0.48	0.2	1,089.6	10,045.28	10.85
11	12.6	72.23	57.43	1.44	0.75	0.7	0.3	1,589.0	15,067.93	10.55
12	12.6	71.58	59.75	1.43	0.84	0.59	0.3	1,339.3	15,067.93	8.89
13	14.4	71.23	60.68	1.42	0.89	0.54	0.3	1,225.8	15,067.93	8.14
14	14.4	71.27	59.32	1.43	0.84	0.59	0.3	1,339.3	15,067.93	8.89
15	14.4	71.01	59.61	1.42	0.86	0.56	0.3	1,271.2	15,067.93	8.44
เฉลี่ย		71.69	59.3	1.43	0.83	0.61	0.23	1,380.16	11719.5	12.24

4.2.2 ผลการทดลองคั่วใบชา

จากการทดลองคั่วใบชาทั้งหมด 5 ความเร็วรอบ ความเร็วรอบละ 15 ชั่วโมง และนำค่าผลการทดลองที่ได้มาเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 4.2 สามารถสรุปผลการคั่วใบชาได้ดังนี้

1. ที่ความเร็วรอบ 7.2 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการคั่วเฉลี่ย 143.2 วินาที สิ้นเปลืองก๊าซเฉลี่ย 0.058 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมใบชาสด ใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 0.350 กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราการผลิตเฉลี่ย 25.47 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

2. ที่ความเร็วรอบ 9 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการคว่ำเฉลี่ย 132.4 วินาที สิ้นเปลืองก๊าซเฉลี่ย 0.063 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมใบชาสด ใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 0.350 กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราการผลิตเฉลี่ย 31 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

3. ที่ความเร็วรอบ 10.8 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการคว่ำเฉลี่ย 99.3 วินาที สิ้นเปลืองก๊าซเฉลี่ย 0.058 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมใบชาสด ใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 0.345 กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราการผลิตเฉลี่ย 44.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

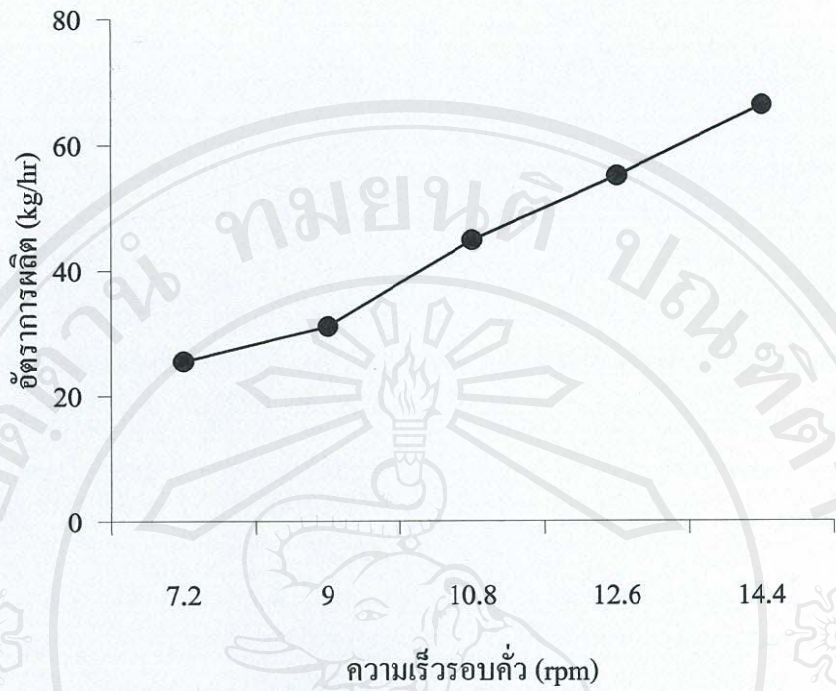
4. ที่ความเร็วรอบ 12.6 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการคว่ำเฉลี่ย 82.7 วินาที สิ้นเปลืองก๊าซเฉลี่ย 0.073 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมใบชาสด ใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 0.345 กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราการผลิตเฉลี่ย 54.93 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

5. ที่ความเร็วรอบ 14.4 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการคว่ำเฉลี่ย 70.8 วินาที สิ้นเปลืองก๊าซเฉลี่ย 0.068 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมใบชาสด ใช้ปริมาณกระแสไฟฟ้า 0.330 กิโลวัตต์-ชั่วโมง อัตราการผลิตเฉลี่ย 66.13 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเฉลี่ยของการคว่ำใบชา

ความเร็วรอบตัว (rpm)	ใช้ก๊าซต่อครั้ง (เฉลี่ย) (kg)	ก๊าซที่ใช้ในเครื่อง (kg)	ก๊าซต่อกิโลกรัมสด (kg)	กระแสเฉลี่ย (Amp)	สิ้นเปลืองไฟฟ้า (kW-hr)	เวลาที่ใช้ (second)	อัตราการผลิต (kg/hr)
7.2	0.23	0.115	0.058	1.59	0.350	143.2	25.47
9	0.25	0.125	0.063	1.59	0.350	132.4	31.00
10.8	0.23	0.115	0.058	1.57	0.345	99.3	44.67
12.6	0.29	0.145	0.073	1.57	0.345	82.7	54.93
14.4	0.27	0.135	0.068	1.50	0.330	70.8	66.13
เฉลี่ย	0.25	0.128	0.064	1.56	0.344	105.7	44.44

เมื่อนำความเร็วรอบของการคว่ำ เวลาที่ใช้ และอัตราการผลิตมาวาดกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าความเร็วรอบของการคว่ำใบชามีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการคว่ำและอัตราการผลิตของเครื่อง โดยจะพบว่าเมื่อความเร็วรอบการคว่ำใบชาเพิ่มขึ้นอัตราการผลิตของเครื่องจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการคว่ำน้อยลง



รูปที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบคั่วกับอัตราการผลิต



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.9 ใบชาก่อนและหลังคั่ว (ก) ใบชาสดก่อนคั่ว (ข) การคั่วใบชา (ค) ใบชาสดหลังคั่ว

4.2.3 ผลการทดลองนวดม้วนใบชา

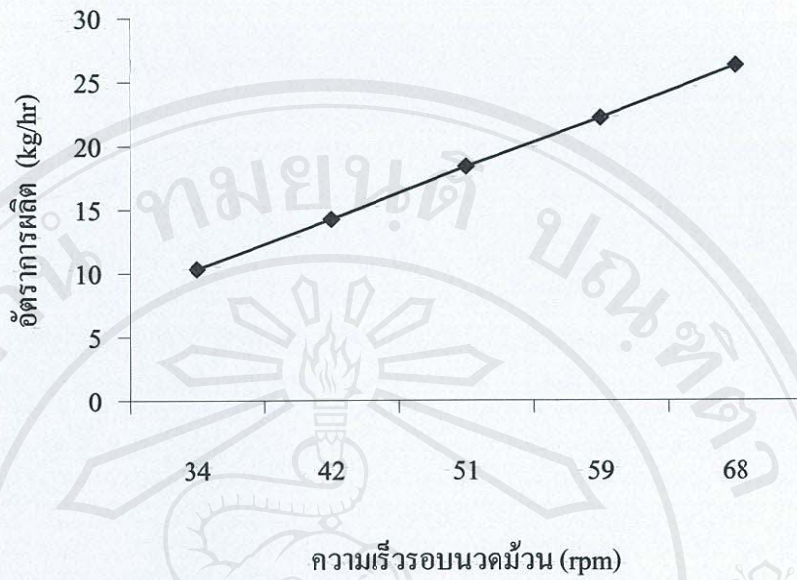
จากการทดลองนวดม้วนใบชาทั้งหมด 5 ความเร็วรอบ ความเร็วรอบละ 15 ซ้ำ และนำค่าผลการทดลองที่ได้มาเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 4.4 สามารถสรุปผลการคั่วใบชาได้ดังนี้

1. ที่ความเร็วรอบนวดม้วน 34 รอบต่อนาที สิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 0.814 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ใช้เวลาในการนวดเฉลี่ย 11.63 นาที อัตราการผลิตเฉลี่ย 10.33 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
2. ที่ความเร็วรอบนวดม้วน 42 รอบต่อนาที สิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 0.792 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ใช้เวลาในการนวดเฉลี่ย 8.44 นาที อัตราการผลิตเฉลี่ย 14.22 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
3. ที่ความเร็วรอบนวดม้วน 51 รอบต่อนาที สิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 0.792 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ใช้เวลาในการนวดเฉลี่ย 6.53 นาที อัตราการผลิตเฉลี่ย 18.38 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
4. ที่ความเร็วรอบนวดม้วน 59 รอบต่อนาที สิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 0.770 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ใช้เวลาในการนวดเฉลี่ย 5.41 นาที อัตราการผลิตเฉลี่ย 22.18 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
5. ที่ความเร็วรอบนวดม้วน 68 รอบต่อนาที สิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 0.770 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ใช้เวลาในการนวดเฉลี่ย 4.57 นาที อัตราการผลิตเฉลี่ย 26.25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเฉลี่ยของการนวดม้วนใบชา

ความเร็วรอบนวด (rpm)	กระแส (เฉลี่ย) (amp)	สิ้นเปลืองไฟฟ้า (kW-hr)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (min)	อัตราการผลิต (kg/hr)
34	3.7	0.814	11.63	10.33
42	3.6	0.792	8.44	14.22
51	3.6	0.792	6.53	18.38
59	3.5	0.770	5.41	22.18
68	3.5	0.770	4.57	26.25
เฉลี่ย	3.58	0.788	7.27	18.33

รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของการนวดม้วนกับเวลาที่ใช้และอัตราการผลิต มีผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการนวดม้วนและอัตราการผลิตของเครื่อง โดยจะพบว่าเมื่อความเร็วรอบการนวดม้วนใบชาเพิ่มขึ้นอัตราการผลิตของเครื่องจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ช่วงส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการนวดม้วนน้อยลง



รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบนวดม้วนกับอัตราการผลิต



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.11 ลักษณะไบชาหลังการนวดแล้ว (ก) การนวดม้วนไบชา (ข) การตากไบชาที่นวดแล้ว (ค) ไบชาที่ผ่านการตากแดดแล้ว

4.3 การตรวจสอบคุณภาพใบชา

4.3.1 เปอร์เซ็นต์การม้วนตัว

นำใบชาที่ผ่านการทำแห้งทั้งหมด 75 ตัวอย่างมาหาเปอร์เซ็นต์การม้วนตัว โดยการคัดแยกใบชาที่ม้วนตัว และไม่ม้วนตัวออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.12 และผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การม้วนตัวดังแสดงในตารางที่ 4.5



รูปที่ 4.12 ใบชาหลังตากแห้ง (ก) ใบชาก่อนการคัดแยก (ข) ใบชาที่ม้วน (ค) ใบชาที่ไม่ม้วน

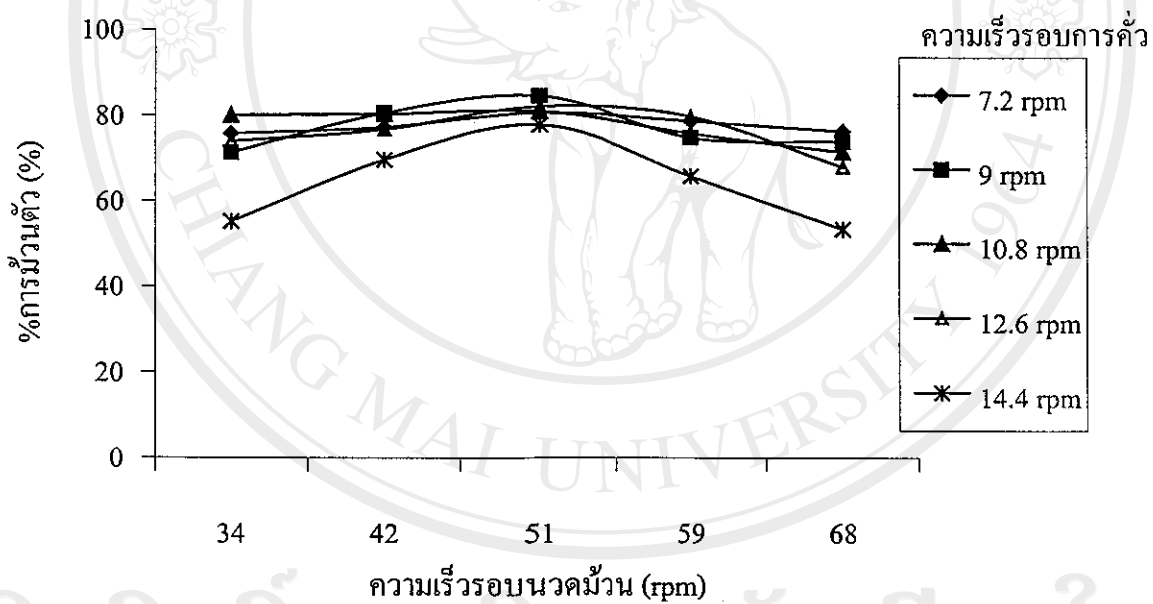
ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การม้วนตัวของใบชาแห้ง

ที่ความเร็วรอบ นวม้วน (rpm)	เปอร์เซ็นต์การม้วนตัวของใบชาแห้ง(%)					เฉลี่ย
	ที่ความเร็วรอบคั่ว (rpm)					
	7.2	9	10.8	12.6	14.4	
34	75.81	71.37	80.11	74.01	55.17	71.30 c
42	77.30	80.64	80.42	76.83	69.71	76.98 b
51	80.73	84.68	81.07	82.20	77.94	81.32 a
59	78.83	74.97	75.94	79.90	65.87	75.10 b
68	76.41	74.00	71.55	68.07	53.51	68.71 c
เฉลี่ย	77.82 a	77.13 a	77.82 a	76.20 a	64.44 b	
% CV = 6.73		LSD คั่ว _(0.05) = 3.70		LSD นวม _(0.05) = 3.70		

* ตัวเลขในแนวนอนและแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการทดลองพบว่า ความเร็วรอบของการคว่ำใบชามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การม้วนตัวของใบชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มความเร็วรอบคือ กลุ่มที่ 1 คว่ำใบชาที่ความเร็วรอบ 7.2 9 10.8 และ 12.6 รอบต่อนาที เปอร์เซ็นต์การม้วนตัวเฉลี่ย 77.82% 77.13% 77.82% และ 76.20% ตามลำดับกลุ่มที่ 2 คว่ำใบชาที่ความเร็วรอบ 14.4 รอบต่อนาที เปอร์เซ็นต์การม้วนตัวเฉลี่ย 64.44%

ความเร็วรอบของการนวดม้วนใบชามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การม้วนตัวของใบชาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มความเร็วรอบ คือ กลุ่มที่ 1 นวดม้วนใบชาที่ความเร็วรอบ 51 รอบต่อนาที เปอร์เซ็นต์การม้วนตัวเฉลี่ย 81.32% กลุ่มที่ 2 นวดม้วนใบชาที่ความเร็วรอบ 42 และ 59 รอบต่อนาที เปอร์เซ็นต์การม้วนตัวเฉลี่ย 76.98% และ 75.10% กลุ่มที่ 3 นวดม้วนใบชาที่ความเร็วรอบ 34 และ 68 รอบต่อนาที รอบต่อนาที เปอร์เซ็นต์การม้วนตัวเฉลี่ย 71.30% และ 68.71%



รูปที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบคว่ำและนวดม้วนกับเปอร์เซ็นต์การม้วนตัว

จากรูปที่ 4.13 ที่ความเร็วรอบการคว่ำต่ำมีเปอร์เซ็นต์การม้วนตัวมากกว่า ที่ความเร็วรอบการนวดม้วนต่ำกว่า 42 รอบต่อนาทีและสูงกว่า 59 รอบต่อนาทีจะให้เปอร์เซ็นต์การม้วนตัวต่ำ ดังนั้นความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการคว่ำใบชาอยู่ในช่วง 7.2–12.6 รอบต่อนาที ได้ผลเปอร์เซ็นต์การ

ม้วนตัวเฉลี่ย 76.20% – 77.82% และความเร็วยรอบที่เหมาะสมต่อการนวดม้วนใบชาอยู่ในช่วง 42 – 51 รอบต่อนาที ได้ผลเปอร์เซ็นต์การม้วนตัวเฉลี่ย 76.98% – 81.32%

4.3.2 ความชื้นของใบชา

จากการทดลองหาความชื้นใบชาทั้งหมด 75 ตัวอย่าง ทำการหาตัวอย่างละ 3 ซ้ำดังแสดงในตารางผนวกที่ 5 ความชื้นของใบชาหลังการตากแห้งเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.23% – 12.76% (มาตรฐานเปียก) เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความเร็วยรอบของการนวดม้วนใบชาให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความเร็วยรอบของการคั่วใบชาให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 อย่างไรก็ตามความชื้นของใบชายังไม่ได้ตามมาตรฐานชาที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้คือ ต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนัก เนื่องจากใบชาที่ได้จากการทดลองยังไม่สิ้นสุดขั้นตอนการแปรรูปใบชา คือยังไม่ได้ผ่านกระบวนการคัดแยกและอบกลิ่น ปัจจัยภายนอกประการหนึ่งที่ทำให้ความชื้นของใบชาไม่สม่ำเสมอคือ ปริมาณแสงแดด และฝน เนื่องจากทำการทดลองในต้นเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นต้นฤดูฝน ทำให้ใบชาแห้งไม่สม่ำเสมอ

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความชื้นของใบชาแห้ง

ที่ความเร็วยรอบ ขนาด (rpm)	ความชื้นของใบชาแห้ง (% มาตรฐานเปียก)					เฉลี่ย
	ที่ความเร็วยรอบคั่ว (rpm)					
	7.2	9	10.8	12.6	14.4	
34	8.71	13.04	7.58	6.88	11.32	9.51
42	8.59	11.71	10.09	10.10	11.86	10.54
51	10.89	6.92	11.41	6.66	13.11	9.80
59	9.44	7.83	10.32	5.23	12.76	9.11
68	9.33	11.37	9.53	7.27	12.40	9.98
เฉลี่ย	9.39 b	10.18 b	9.79 b	7.23 c	12.29 a	
%CV = 16.04 LSD คั่ว _(0.05) = 1.15						

* ตัวเลขในแนวนอนและแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3.3 ค่า a_w ของใบชา

จากการทดลองหา ค่า a_w ของใบชาทั้งหมด 75 ตัวอย่าง ทำการหาตัวอย่างละ 3 ซ้ำดังแสดงในตารางผนวกที่ 5 และจากตารางที่ 4.7 ค่า a_w ของใบชาหลังการทำแห้งเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.497 – 0.734 เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความเร็วรอบของการนวดม้วนใบชาให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า a_w อยู่ในช่วง 0.606 – 0.659 ความเร็วรอบของการคั่วใบชาให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามค่า a_w ของผลผลิตที่จะปลอดภัยต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่จะสามารถเจริญเติบโตได้ต้องมีค่าต่ำกว่า 0.5 – 0.6 ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองมีทั้งค่าที่อยู่ในช่วงปลอดภัยและไม่ปลอดภัย เนื่องจากใบชาที่ได้จากการทดลองนี้ยังไม่สิ้นสุดขั้นตอนการแปรรูปใบชา คือยังไม่ได้ผ่านกระบวนการคัดและอบกลิ่น อีกทั้งความชื้นของใบชามีผลโดยตรงต่อค่า a_w คือเมื่อมีค่าความชื้นมาก ค่า a_w จะมากตาม เมื่อมีค่าความชื้นน้อย ค่า a_w จะน้อยตาม อนึ่งการเก็บรักษาใบชาแห้งในระยะเวลาานาน ๆ นั้น หากบรรจุในภาชนะบรรจุที่ไม่เหมาะสม อาจเกิดปรากฏการณ์แลกเปลี่ยนความชื้นระหว่างกันของอากาศกับใบชาแห้ง หรือปรากฏการณ์ Hygroscopic ทำให้ใบชาได้รับ ความชื้นจากอากาศสู่ตัวเองและมีความชื้นสูงขึ้น ส่งผลถึงค่า a_w ก็จะสูงขึ้นด้วย

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ค่า a_w ของใบชาแห้ง

ที่ความเร็วรอบ นวดม้วน (rpm)	ค่า a_w ของใบชาแห้ง					เฉลี่ย
	ที่ความเร็วรอบคั่ว (rpm)					
	7.2	9	10.8	12.6	14.4	
34	0.575	0.725	0.568	0.528	0.694	0.618 b
42	0.590	0.682	0.629	0.680	0.714	0.659 a
51	0.618	0.497	0.713	0.534	0.734	0.619 b
59	0.626	0.547	0.627	0.520	0.711	0.606 b
68	0.597	0.696	0.591	0.584	0.687	0.631 b
เฉลี่ย	0.601 c	0.636 b	0.626 bc	0.569 d	0.708 a	
%CV = 5.99 LSD คั่ว _(0.05) = 0.0275 LSD นวด _(0.05) = 0.0275						

* ตัวเลขในแนวนอนและแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3.4 เถ้าทั้งหมด (Total ash)

เถ้าทั้งหมดของใบชาแห้งตามมาตรฐานชาของกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 และไม่เกินร้อยละ 8 ของน้ำหนักชาแห้ง จากการทดลองหาเถ้าทั้งหมดของใบชาทั้งหมด 75 ตัวอย่าง ทำการหาตัวอย่างละ 3 ซ้ำดังแสดงในตารางผนวกที่ 5 และจากตารางที่ 4.8 เถ้าทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.54% - 7.39% ซึ่งได้มาตรฐานตามที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ เมื่อนำเถ้าทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความเร็วรอบของการคั่วใบชาเถ้าทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และความเร็วรอบของการนวดม้วนใบชาเถ้าทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์เถ้าทั้งหมดของใบชาแห้ง

ที่ความเร็วรอบ นวดม้วน (rpm)	เถ้าทั้งหมดของใบชาแห้ง (%)					เฉลี่ย
	ที่ความเร็วรอบคั่ว (rpm)					
	7.2	9	10.8	12.6	14.4	
34	6.11	6.25	5.66	6.40	6.15	6.11 b
42	6.09	6.36	5.62	5.85	6.02	5.99 b
51	6.21	7.18	6.76	6.55	7.04	6.75 a
59	6.04	7.23	6.56	6.39	6.47	6.54 a
68	6.58	7.13	5.54	7.39	5.90	6.51 a
เฉลี่ย	6.21 cd	6.83 a	6.03 d	6.52 b	6.31 bc	
% CV = 5.38 LSD คั่ว _(0.05) = 0.25 LSD นวด _(0.05) = 0.25						

* ตัวเลขในแนวนอนและแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3.5 เถ้าที่ละลายน้ำได้ (Water soluble ash)

เถ้าที่ละลายน้ำได้ของใบชาแห้งตามมาตรฐานชาของกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ให้มีเถ้าที่ละลายน้ำได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 45 ของเถ้าทั้งหมด จากการทดลองหาเถ้าทั้งหมดของใบชาทั้งหมด 75 ตัวอย่าง ทำการหาตัวอย่างละ 3 ซ้ำดังแสดงในตารางผนวกที่ 5 และจากตารางที่ 4.8 เถ้าที่ละลายน้ำได้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 45.9% - 60.2% ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ เมื่อนำเถ้าที่ละลายน้ำได้มาวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความเร็วรอบของการคั่วใบชาให้ผล

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความเร็วรอบของการนวดม้วนใบชาให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ถั่วที่ละลายน้ำได้

ที่ความเร็วรอบ นวดม้วน (rpm)	ถั่วที่ละลายน้ำได้ (%)					เฉลี่ย
	ที่ความเร็วรอบหัว					
	7.2	9	10.8	12.6	14.4	
34	53.99	51.73	49.23	53.36	51.35	51.93 c
42	49.60	48.44	46.25	45.97	50.10	48.07 d
51	55.24	57.47	54.01	50.98	55.24	54.59 ab
59	49.20	54.63	57.00	51.84	52.05	52.95 bc
68	60.02	60.30	52.82	58.03	48.86	56.01 a
เฉลี่ย	53.61	54.51	51.86	52.04	51.52	
%CV = 6.07		LSD นวด _(0.05) = 2.35				

* ตัวเลขในแนวนอนและแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3.6 เปรียบเทียบคุณภาพชาที่ได้จากการทดลองกับของเกษตรกร

นำใบชาที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับด้านคุณภาพกับชาผลิตภัณฑ์ของเกษตรกรดังผลแสดงในตารางที่ 4.10 พบว่า เปอร์เซ็นต์การม้วนตัวของใบชาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การม้วนตัวของใบชาของเกษตรกรมีการม้วนตัวเฉลี่ย 92.38% จากการทดลองใบชามีการม้วนตัวมากที่สุดเฉลี่ย 84.68% ที่ความเร็วเครื่องคั่วและเครื่องนวด 9 และ 51 รอบต่อนาที ตามลำดับ

ความชื้นของใบชาที่ได้จากการทดลองและของเกษตรกรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.22 – 13.11% มาตรฐานเปียก เนื่องจากใช้วิธีการตากแดดในการอบแห้ง ทำให้ความชื้นที่ได้ไม่สม่ำเสมอ และยังไม่ผ่านขั้นตอนการคัดและอบกลิ่น

ค่า a_w ที่ได้จากทดลองและของเกษตรกรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.57 – 0.71

เถาทั้งหมดและเถาที่ละลายน้ำได้จากการทดลองและของเกษตรกรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และได้ตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขกำหนดคือ เถาทั้งหมดต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 4 และไม่เกินร้อยละ 8 เถาที่ละลายน้ำได้ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 45 ของเถาทั้งหมด

ตารางที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ใบชาที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับเกษตรกร

การทดลองที่	การมีวันตัว (%)	ความชื้น (%wb)	a_w	เถาทั้งหมด (%)	เถาละลายน้ำได้ (%)
1	77.82 b	9.39 b	0.60	6.21 c	53.61
2	77.13 b	10.18 b	0.63	6.83 a	54.52
3	77.82 b	9.79 b	0.63	6.03 c	51.86
4	76.20 b	7.23 c	0.57	6.52 ab	52.04
5	64.44 c	12.29 a	0.71	6.32 ab	51.52
6	92.12 a	12.42 a	0.66	5.16 d	50.83
F-test	*	*	NS	*	NS
%CV	7.17	14.72	8.78	7.04	7.15
LSD _{0.05}	7.26	1.96	-	0.57	-

* ตัวเลขในแนวนอนและแนวตั้งที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

หมายเหตุ :

การทดลองที่ 1 คือ คั่วใบชาที่ 7.2 รอบต่อนาที และนวดม้วนที่ 34 – 68 รอบต่อนาที
 การทดลองที่ 2 คือ คั่วใบชาที่ 9 รอบต่อนาที และนวดม้วนที่ 34 – 68 รอบต่อนาที
 การทดลองที่ 3 คือ คั่วใบชาที่ 10.8 รอบต่อนาที และนวดม้วนที่ 34 – 68 รอบต่อนาที
 การทดลองที่ 4 คือ คั่วใบชาที่ 12.6 รอบต่อนาที และนวดม้วนที่ 34 – 68 รอบต่อนาที
 การทดลองที่ 5 คือ คั่วใบชาที่ 14.4 รอบต่อนาที และนวดม้วนที่ 34 – 68 รอบต่อนาที
 การทดลองที่ 6 คือ ตัวอย่างของเกษตรกร

4.4 วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนและค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องคั่วและนวดม้วนใบชา จากข้อมูลค่าใช้จ่ายการสร้างเครื่องในตารางผนวกที่ 5 และผลการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ในภาคผนวก ข โดยการวิเคราะห์ที่อัตราการผลิตสูงสุด 208 กิโลกรัมต่อวัน ที่ความเร็วรอบของเครื่องคั่วใบชา 10.8 รอบต่อนาที ให้อัตราการผลิต 45 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการทำงาน 4.5 ชั่วโมงต่อวัน และที่ความเร็วรอบของเครื่องนวดม้วนใบชา 68 รอบต่อนาที ให้อัตราการผลิต 26 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน โดยกำหนดเงื่อนไขเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. เงินลงทุนในการสร้างเครื่องคั่วใบชา 38,956 บาท
2. เงินลงทุนในการสร้างเครื่องนวดม้วนใบชา 22,600 บาท
3. มูลค่าซากของเครื่องคั่วและนวดม้วนใบชาคิดเป็น 20% ของต้นทุนเครื่อง
4. เครื่องคั่วและนวดม้วนใบชามีอายุการใช้งาน 5 ปี
5. ค่าบำรุงรักษาเครื่องคั่วและนวดม้วนใบชาคิดเป็น 5% ต่อปีของต้นทุนเครื่อง
6. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 10% (ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์, สิงหาคม 2547)
7. ราคาใบชาสด 13 บาทต่อกิโลกรัม
8. หนึ่งปีสามารถเก็บเกี่ยวใบชาสดช่วงต้นเมษายนถึงปลายตุลาคม คิดเป็น 210 วัน
9. สามารถผลิตใบชาสดได้ 43,680 กิโลกรัมต่อปี
10. ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยเท่ากับ 2.53 บาท (กระทรวงพลังงาน, สิงหาคม 2547)
11. ค่าพลังงานก๊าซหุงต้ม 16.75 บาทต่อกิโลกรัม (กระทรวงพลังงาน, สิงหาคม 2547)
12. ใช้แรงงานหนึ่งคนต่อหนึ่งเครื่อง
13. ค่าแรงขั้นต่ำจังหวัดเชียงรายวันละ 133 บาทต่อวัน (กรมแรงงาน, กันยายน 2547)
14. อัตราส่วนใบชาสดต่อใบชาแห้งเท่ากับ 3.8 : 1
15. ราคาขายใบชาแห้งเท่ากับ 56 บาทต่อกิโลกรัม

จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.11 ค่าใช้จ่ายรายปีรวมทั้งหมดเป็น 687,668 บาท โดยแบ่งเป็นต้นทุนการสร้างเครื่องรายปี 14,221 บาท ค่าใช้จ่ายรายปีรวม 673,447 บาท ประกอบด้วยค่าพลังงานไฟฟ้า 4,234 บาทต่อปี ค่าเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม 42,435 บาทต่อปี ค่าใบชาสด 567,840 บาทต่อปี ค่าบำรุงรักษาเครื่อง 3,078 บาทต่อปี ค่าแรงงาน 55,860 บาทต่อปี เมื่อคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อกิโลกรัมสดเท่ากับ 15.74 บาทต่อกิโลกรัมใบชาสด รายได้รายปีเท่ากับ 643,705 รายรับสุทธิเท่ากับ -29,742 บาทต่อปี เนื่องจากผลการลงทุนนั้นขาดทุน ทำให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนขาดทุน -41% จึงไม่สามารถหาระยะเวลาคืนทุนได้

ตารางที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องคั่วและนวดมันไบชาที่สร้างขึ้น

ค่าใช้จ่ายเทียบเท่ารายปี	เครื่องคั่วไบชา (บาท)	เครื่องนวดมัน ไบชา (บาท)	รวม (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่อกิโลกรัมสด (บาท)
1. ต้นทุนเครื่อง	9,000	5,221	14,221	0.33
2. ค่าพลังงานไฟฟ้า	868	3,366	4,234	0.09
3. ค่าเชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม	42,435	-	42,435	0.97
4. ค่าไบชาสด	567,840	-	567,840	13
5. ค่าซ่อมบำรุง	1,948	1,130	3,078	0.07
6. ค่าแรงงาน	27,930	27,930	55,860	1.279
7. รวมทั้งหมด	650,021	37,647	687,668	15.74
ผลตอบแทนเทียบเท่ารายปี				
1. ต้นทุนการผลิต			673,447	
2. รายรับ			643,705	
3. รายได้สุทธิ			-29,742	
4. อัตราผลตอบแทนการลงทุน(%)			-41%	
5. ระยะเวลาคืนทุน			-	

ตารางที่ 4.12 ค่าใช้จ่ายเมื่อวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงเมื่อราคาไบชาสดเปลี่ยน (บาท)

%เพิ่ม/ลด	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
ราคา/กก.	9.1	10.4	11.7	13	14.3	15.6	16.9
ราคา/ปี	397,488	454,272	511,056	567,840	624,624	681,408	738,192
ค่าใช้จ่ายรวม	503,095	559,879	616,663	673,447	730,231	787,015	843,799
รายรับสุทธิ	140,610	83,826	27,042	-29,742	-86,526	-143,310	-200,094

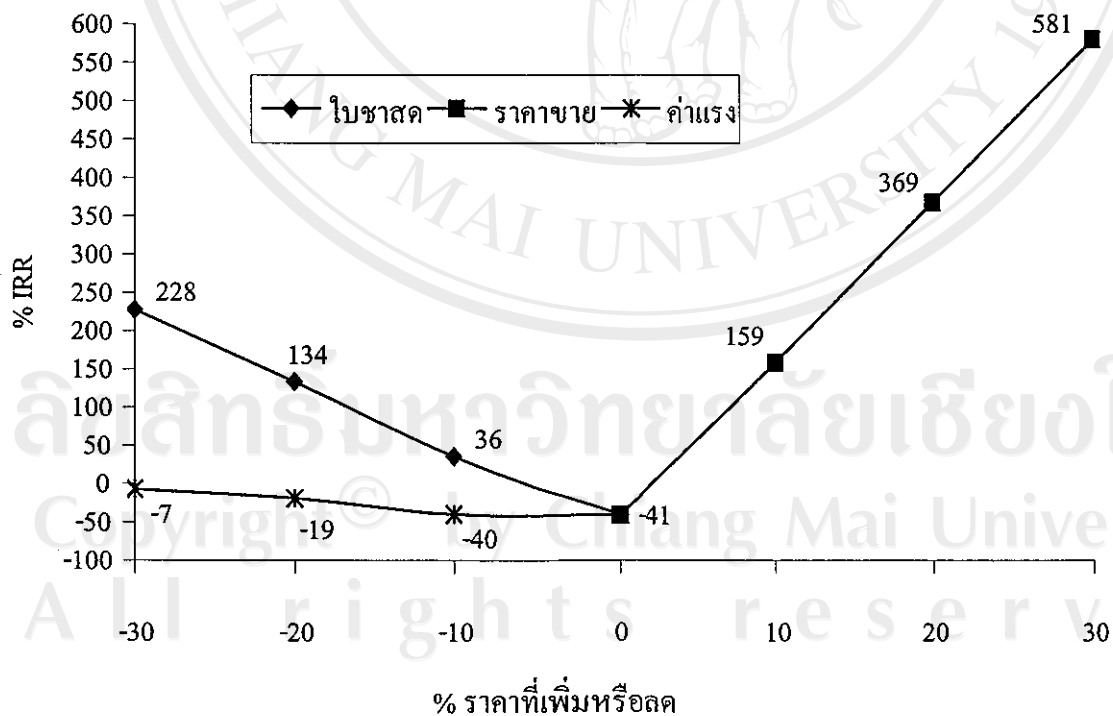
All rights reserved

ตารางที่ 4.13 ค่าใช้จ่ายเมื่อวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงเมื่อค่าแรงเปลี่ยน (บาท)

%เพิ่ม/ลด	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
ค่าแรง/วัน	93.1	106.4	119.7	133	146.3	159.6	172.9
ค่าแรง/ปี	39,102	44,688	55,301	55,860	61,446	67,032	72,618
ค่าใช้จ่ายรวม	656,689	662,275	672,888	673,447	679,033	684,619	690,205
รายรับสุทธิ	-12,984	-18,570	-29,183.	-29,742	-35,328	-40,914	-46,500

ตารางที่ 4.14 ค่าใช้จ่ายเมื่อวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงเมื่อราคาขายใบชาเปลี่ยน (บาท)

%เพิ่ม/ลด	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
ราคา/กก.	22.4	33.6	44.8	56	67.2	78.4	89.6
ราคา/ปี	594,189	891,284	1,188,379	1,485,474	1,782,568	2,079,663	2,376,758
ค่าใช้จ่ายรวม	257,482	386,223	514,964	643,705	772,446	901,187	1,029,928
รายรับสุทธิ	-415,965	-287,224	-158,483	-29,742	98,999	227,740	356,481



รูปที่ 4.14 การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของราคาใบชาสดและราคาขายชาที่มีผลต่อ IRR

เมื่อนำค่าใช้จ่ายต่าง ๆ มาทำการวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงในเศรษฐศาสตร์ (Sensitivity analysis) ดังแสดงในตารางที่ 4.12 – 4.14 และรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยที่มีผลอย่างยิ่งต่ออัตราผลตอบแทนการลงทุนคือ ราคาขายไบชาแห้ง และราคาไบชาสด ถ้าต้นทุนค่าใช้จ่ายไบชาสดลง หรือสามารถขายไบชาแห้งได้ในราคาที่สูงขึ้น จะทำให้ได้อัตราผลตอบแทนการลงทุนมากขึ้น ในทางกลับกัน ถ้ามีค่าใช้จ่ายด้านราคาไบชาสดเพิ่มขึ้น หรือขายไบชาแห้งได้ราคาต่ำกว่าเดิม จะทำให้เกิดสถานะขาดทุน

จากรูปที่ 4.14 ราคาขายไบชาแห้งมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมาก ถ้าราคาขายไบชาแห้งเพิ่มขึ้น 10% ส่งผลให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนเพิ่มขึ้น 159%

ในขณะเดียวกัน ถ้าไบชาสดมีราคาตกลง 10% จะทำให้ได้อัตราผลตอบแทนการลงทุนเพิ่มขึ้น 36% ซึ่งจะเห็นได้ว่า ราคาไบชาสดมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมากในทิศทางกลับกันกับราคาขายไบชาแห้ง

จะเห็นได้ว่าค่าแรงงานมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เมื่อลดค่าใช้จ่ายค่าแรงลง 30% จะทำให้อัตราผลตอบแทนการลงทุนเพิ่มขึ้น ซึ่งในขณะที่ค่าแรงงานในพื้นที่แหล่งผลิตสามารถจัดจ้างได้ต่ำกว่าค่าแรงขั้นต่ำคือ อยู่ในช่วง 80 – 100 บาทต่อวัน ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ค่าแรงมีความแปรผันน้อยกว่าราคาขายไบชาแห้งและราคาไบชาสด

จากตารางที่ 4.11 จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายพลังงานก๊าซหุงต้มมีค่าสูงมาก มีผลจากการออกแบบทางวิศวกรรมคือ การออกแบบห้องเผาไหม้และฉนวนของเครื่องคว้ไบชาโดยใช้เตาเผาก๊าซที่ใช้ในครัวเรือน ซึ่งเป็นระบบเปิด ทำให้มีการสูญเสียพลังงานความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องต่ำ ดังนั้นแนวทางในการพัฒนาเครื่องคว้ไบชาจนถึงการออกแบบห้องเผาไหม้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และประหยัดพลังงาน

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นการเสนอความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น ทั้งนี้ยังต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น ค่าแรง ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และค่าขนส่งเป็นต้น ซึ่งข้อสมมติฐานดังกล่าวข้างต้นจำเป็นต้องพิจารณาใหม่และปรับปรุงข้อมูลให้ทันสมัยก่อนการตัดสินใจลงทุน

ดังนั้น แนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบคว้ไบชาจนถึง การออกแบบเครื่องให้มีอัตราการผลิตเพิ่มขึ้น ออกแบบระบบห้องเผาไหม้แบบต่าง ๆ หรือการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้สูงขึ้น เครื่องคว้และนวดมันไบชาสามารถเดินเครื่องโดยใช้แรงงานหนึ่งคนในการควบคุม จะสามารถทำให้ลดค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการผลิตได้ ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานได้