รายงานวิจัย

โครงการวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพตู้อบเมล็ดโกโก้และการใช้ประโยชน์ของผลพลอยได้

Research and Development on Efficiency of Cocoa Bean Drier and By-product Utilization

หัวหน้าโครงการวิจัย

รองศาสตราจารย์ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก — คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110 โทร. (074) 446728 โทรสาร (074) 212889

ผู้ร่วมงาน

ดร.ไพศาล วุฒิจำนงค์ — ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10990 โทร. (02) 5613456

สมอ.
เลขหมู่ TP363 ร64 2541
Order Key
Bib Key 202741
19 ก.ย. 2543

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล — คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110 โทร. (074) 446728 โทรสาร (074) 212889

นายพรชัย ศรีไพบูลย์

อาจารย์สุรสิทธิ์ ประสารปราน

อาจารย์ปิยรัตน์ หนูสุก

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพตู้อบเมล็ดโกโก้และการใช้ประโยชน์ของผลพลอยได้ ได้ดำเนินการพัฒนาแบบเตาให้พลังงานความร้อน ขึ้น 3 แบบ และทดสอบประสิทธิภาพของเตาทั้ง 3 แบบพบว่า เตาแบบที่ 3 เป็นแบบที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกสองแบบ โดยเตาแบบที่ 3 มีประสิทธิภาพในช่วงร้อยละ 67 - 72 สำหรับแบบของตู้อบได้ทดลองการอบแห้งเมล็ดโกโก้แบบชั้นบาง พบว่าประสิทธิภาพของตู้อบแบบชั้นบางมีค่าต่ำและยังให้คุณภาพของเมล็ดโกโก้อบแห้ง ด้อยกว่าตู้อบเมล็ดโกโก้จำนวนมากที่มีเครื่องกวน

ตู้อบเมล็ดโกโก้ ได้ทำการขยายส่วนของเตาให้พลังงานความร้อนและตู้อบเป็นระดับผลิตทดลอง ซึ่งมีความจุเมล็ดโกโก้สด 200 และ 400 กิโลกรัม โดยนำไปทดสอบที่บ้านสวนเกษตรกร จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดนครศรีธรรมราช และทำการวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดโกโก้อบแห้ง โดยเฉพาะคุณภาพทางเคมี และการตรวจสอบสี นอกจากนี้ตู้อบเมล็ดโกโก้นี้ยังสามารถนำไปอบแห้งผลิตผลเกษตรอื่น ๆ ได้แก่ กาแฟ มะพร้าว และพริก

เปลือกโกโก้ซึ่งเป็นผลพลอยได้ ได้ถูกนำไปสกัดใยอาหารเพื่อนำไปเสริมผลิตภัณฑ์คุกกี้ พบว่าคุกกี้ที่เสริมใยอาหารร้อยละ 7 ของน้ำหนักแป้ง ยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากการใช้ในอาหารในผลิตภัณฑ์คุกกี้แล้ว ยังได้นำใยอาหารจากเปลือกโกโก้เติมในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีไขมันต่ำ ร้อยละ 0.6 พบว่าเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบชิม

เมื่อสกัดเส้นใยจากเปลือกโกโก้ แล้วนำไปผสมกับแป้งมันสำปะหลัง, แป้งมันสำปะหลังดัดแปร น้ำ และเติมสารเชื่อมชนิดต่าง ๆ แล้วขึ้นรูปเป็นถาด พบว่าถาดที่มีเส้นใยจากเปลือกโกโก้และจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรจะมีความหนาลดลง แต่มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและมีค่าการต้านแรงดัดโค้ง และค่าแรงต้านแรงกดเพิ่มขึ้น มีการดูดซึมน้ำน้อยกว่าถาดที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียว เมื่อนำถาดนี้ไปบรรจุชิ้นฝรั่งสดแล้วเก็บไว้ พบว่า ถาดมีลักษณะนิ่มลง และเสียรูปทรงอันเนื่องจากการดูดซับน้ำจากชิ้นฝรั่ง

Abstract

Research and development on efficiency of cocoa bean drier and by-product utilization was conducted by comparing the efficiency of 3 types of stoves. The results showed that the efficiency of the third type of stove was higher than of the others. The efficiency was range 67 - 72% . The thin and thick bed driers were also designed. It was found that the drying rate of the thick bed drier was higher than of thin bed drier and also gave better quality of dried bean.

The drier was scaled up in pilot scale with capacity about 200 and 400 kg of freshed bean. The drier was tested at the farmers sites at Surat-thani and Nakon-Srithammarat provinces. The chemical composition and cut-test of dried bean were analysed. The drier was also used for drying coffee bean, coconut and capsicum.

Dietary fiber was extracted from cocoa husk which is by-product from cocoa bean production. Cookies containing dietary fiber were produced. The cookie was evaluated by sensory method. It was found that the cookie containing 7% of dietary fiber was accepted by consumers. The dietary fiber was also fortified in frankfurter sausage. It was found that low fat frankfurter sausage containing dietay fiber 0.6% of total weight gave acceptable quality by the taste panels. The quality of low-fat frankfurter sausage was not affected by the added dietary fiber.

The fiber was extracted from cocoa husk and mixed with tapioca starch, modified tapioca starch, water and binders. The mixture was pressed in the mould which is a tray shape. The physical properties of the tray, particularly bending strength, compression strength and water absorption found that tray from a mixture of fiber, modified tapioca starch, water and 10% carboxymethylcellulose was the strongest and most suitable for use in packaging. The tray packed with guava pieces showed that the tray was softened and had lost shape due to its absorption water from the fruits.

สารบัญเรื่อง

		หน้า
บทคัดย่อ		ก
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 พืชเศรษฐกิจบางชนิดในภาคใต้ของประเทศไทย	1
	1.2 กรรมวิธีการผลิต	6
	1.3 เปลือกโกโก้	16
บทที่ 2	วิธีการดำเนินการวิจัย	22
	2.1 วัสดุ	22
	2.2 อุปกรณ์	22
	2.3 วิธีการทดลอง	22
	1. การพัฒนาแบบเตาให้พลังงานความร้อนและการทดสอบประสิทธิภาพของเตาในระดับห้องปฏิบัติการ	22
	2. การพัฒนารูปแบบของตู้อบและเครื่องกวนผสมระดับห้องปฏิบัติการ	31
	3. การวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบ	40
	4. การใช้ตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้กับผลิตผลเกษตรอื่น ๆ ในระดับห้องปฏิบัติการ	43
	5. การพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดโกโก้	43
	6. การทดสอบตู้อบเมล็ดโกโก้ในภาคสนาม	46
	7. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากเปลือกโกโก้	59
	8. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชนิดย่อยสลายง่ายจากเปลือกโกโก้	62

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	ผลและวิจารณ์	66
3.1	การทดสอบประสิทธิภาพเตาให้พลังงานความร้อนแบบต่าง ๆ	66
3.2	การพัฒนารูปแบบของตู้อบและเครื่องกวนผสมระดับห้องปฏิบัติการ	66
3.3	การวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบ	85
3.4	การใช้ตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้กับผลิตผลเกษตรอื่น ๆ ในระดับห้องปฏิบัติการ	88
3.5	การพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดโกโก้	95
3.6	การทดสอบตู้อบเมล็ดโกโก้ภาคสนาม	97
3.7	การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากเปลือกโกโก้	124
3.8	การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชนิดย่อยสลายง่ายต่อเปลือกโกโก้	143
บทที่ 4	สรุปและข้อเสนอแนะ	153
4.1	สรุป	153
4.2	ข้อเสนอแนะ	154
บรรณานุกรม		155
ภาคผนวก		
ภาคผนวกที่ 1	วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี	163
ภาคผนวกที่ 2	แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	166

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้	16
1.2	ปริมาณใยอาหารที่มีในรำข้าวโอ๊ต รำข้าวเจ้า รำข้าวสาลี และรำข้าวโพด (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)	18
2.1	สูตรส่วนผสมในการทำถาด	65
3.1	การทดสอบประสิทธิภาพเตาแบบที่ 1 กรณีให้อากาศเย็นเข้าด้านบน โดยทดสอบในช่วงอุณหภูมิอากาศร้อนออก 65 - 70 องศาเซลเซียส และ 75 - 80 องศาเซลเซียส	67
3.2	การทดสอบประสิทธิภาพเตาแบบที่ 1 กรณีให้อากาศเย็นเข้าด้านล่าง โดยทดสอบในช่วงอุณหภูมิอากาศร้อนออก 65 - 70 องศาเซลเซียส และ 75 - 80 องศาเซลเซียส	68
3.3	การทดสอบประสิทธิภาพเตาแบบที่ 2 โดยทดสอบในช่วงอุณหภูมิ อากาศร้อนออก 65 - 70 องศาเซลเซียส และ 75 - 80 องศาเซลเซียส	69
3.4	การทดสอบประสิทธิภาพเตาแบบที่ 3 โดยทดสอบในช่วงอุณหภูมิ อากาศร้อนออก 65 - 70 องศาเซลเซียส และ 75 - 80 องศาเซลเซียส	70
3.5	ผลการอบแห้งเมล็ดโกโก้ระดับห้องปฏิบัติการ : อุณหภูมิ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม อัตราการไหลเชิงมวลอากาศ ความชื้นหลังการทำแห้ง ปริมาณไม้ยางพารา และเวลาทำแห้ง	84
3.6	คุณภาพเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบแห้ง	86
3.7	การตรวจสอบสีของเมล็ดโกโก้	88
3.8	สภาวะการอบแห้งที่มีต่อเวลาและสมบัติของพริกแห้ง	89
3.9	สภาวะของการอบแห้งและคุณลักษณะมะพร้าวอบแห้ง	95
3.10	ขนาดของเมล็ดโกโก้ที่กำหนดมาตรฐาน	95
3.11	ประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาด ที่จำนวนรอบของการหมุนของตะแกรงและอัตราการป้อนเมล็ดโกโก้ต่าง ๆ กัน	96

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.12	ปริมาณเมล็ดโกโก้ที่คัดขนาดได้ ที่จำนวนรอบของการหมุนของตะแกรง และอัตราการป้อนเมล็ดโกโก้ต่าง ๆ กัน	96
3.13	ผลการอบแห้งเมล็ดโกโก้ที่สวนเกษตรกรอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างวันที่ 14 – 27 ตุลาคม 2539 : อุณหภูมิปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม ความชื้นหลังทำแห้ง ปริมาณไม้ยางพารา และเวลาทำแห้ง	99
3.14	คุณภาพเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบแห้ง	106
3.15	การตรวจสอบสีของเมล็ดโกโก้แห้งที่อบด้วยตู้อบแห้ง เมล็ดโกโก้ขนาด 200 กิโลกรัม	108
3.16	ผลการอบแห้งเมล็ดโกโก้ที่สวนเกษตรอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 15 – 26 ตุลาคม 2540 : อุณหภูมิปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม ความชื้นหลังทำแห้ง ปริมาณไม้ยางพารา และเวลาทำแห้ง	109
3.17	คุณภาพเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบแห้ง	114
3.18	การตรวจสอบสีของเมล็ดโกโก้แห้งที่อบแห้งด้วยตู้อบขนาด 400 กิโลกรัม	115
3.19	ผลการสอบประสิทธิภาพเตาของตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้ที่สวนเกษตรกรอำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยการใช้ข้อมูลจากการทดสอบตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้ กับการอบแห้งเมล็ดกาแฟที่อุณหภูมิอากาศร้อนออก 75 – 80 °ซ และ 55 - 60 °ซ การหาประสิทธิภาพของเตา โดยใช้ข้อมูลการทดลองระหว่างวันที่ 23 – 28 ธันวาคม 2540	116
3.20	ปริมาณคาเฟอีนและกรดทั้งหมด (ร้อยละ)	120
3.21	ปริมาณเมล็ดโกโก้ที่ผ่านการคัดขนาดที่ความเร็วรอบ 28 รอบต่อนาที อัตราการป้อนเมล็ดโกโก้ 1.6 ตันต่อชั่วโมง	120
3.22	งบลงทุนคงที่ของลังหมักโกโก้และตู้อบเมล็ดโกโก้ ระดับผลิตทดลองจุ 200 กิโลกรัม เมล็ดโกโก้สด	121

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.23	งบลงทุนคงที่ของลังหมักโกโก้และตู้อบเมล็ดโกโก้ ระดับผลิตทดลองจุ 400 กิโลกรัม เมล็ดโกโก้สด	121
3.24	สมบัติทางเคมีของเปลือกโกโก้	124
3.25	ปริมาณโปรตีนและเถ้าหลังจากขั้นตอนสกัดที่ 65 องศาเซลเซียส	125
3.26	ปริมาณลิกนินของใยอาหารเมื่อผ่านขั้นตอนกำจัดลิกนิน	126
3.27	คุณลักษณะของสีของเส้นใยหลังผ่านขั้นตอนการฟอกสี	128
3.28	สมบัติทางเคมีและกายภาพของใยอาหารจากเปลือกโกโก้	129
3.29	คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี QDA	131
3.30	ค่าคะแนนเฉลี่ย การยอมรับของการทดสอบด้วยประสาทสัมผัส	133
3.31	คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละปัจจัยของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมใยอาหารด้วยวิธี QDA	134
3.32	คะแนนเฉลี่ยความชอบรวมของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมใยอาหารประเมินด้วยวิธี Hedonic scale	134
3.33	คะแนนรวมของการจัดลำดับความชอบของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ จากการวางแผนทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1	136
3.34	คะแนนรวมของการจัดลำดับความชอบของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ จากการวางแผนทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 2	137
3.35	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรต่าง ๆ ที่มีการเติม และไม่เติมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ ปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักรวมทั้งหมด	142
3.36	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรมาตรฐาน	143
3.37	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) ของเปลือกโกโก้	144

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3.38	ระยะเวลาการแช่เปลือกโกโก้ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และเวลาต่าง ๆ	145
3.39	คุณลักษณะของค่าของสีของเส้นใย หลังผ่านขั้นตอนการฟอกสี	147
3.40	สมบัติของฉาดที่ผลิตจากแป้งมันธรรมชาติผสมเส้นใยของเปลือกโกโก้ และสารยึดเหนี่ยวต่าง ๆ	151
3.41	สมบัติของฉาดที่ผลิตจากแป้งมันดัดแปรผสมเส้นใยของเปลือกโกโก้ และสารยึดเหนี่ยวต่าง ๆ	152

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 1	24
2.2	รูปแสดงทิศทางการไหลของอากาศเย็นในการทดสอบเตาแบบที่ 1 (ก) อากาศเย็นเข้าด้านล่าง (ข) อากาศเย็นเข้าด้านบน (ค) แผ่นเหล็กเจาะรูโดยให้มีพื้นที่รูเป็นร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมด	25
2.3	เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2	26
2.4	เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3	28
2.5	แสดงโครงสร้างภายในของเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3	29
2.6	เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2 ดัดแปลงให้อากาศเย็นเข้าด้านล่างของเตา	32
2.7	เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2 ดัดแปลงให้อากาศเย็นผ่านเฉพาะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2	33
2.8	เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2 ดัดแปลงให้อากาศเย็นผ่านเฉพาะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1	34
2.9	แสดงการออกแบบของตู้อบลมร้อนแบบชั้นบาง	36
2.10	ทิศทางการไหลของลมร้อน	37
2.11	ตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้ระดับห้องปฏิบัติการ	39
2.12	ทิศทางการไหลของอากาศร้อนเข้าและออกในตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้	41
2.13	ลักษณะของใบกวนเมล็ดโกโก้ทั้งสองชนิดที่ติดตั้งในตู้อบแห้ง	42
2.14	รายละเอียดเครื่องคัดขนาดระดับผลิตทดลอง	44
2.15	แสดงขนาดของเครื่องคัดขนาดเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง	45
2.16	เตาและตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง	48
2.17	รายละเอียดของตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง	50
2.18	แสดงขนาดของตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง	51
2.19	แสดงขนาดของเตาระดับผลิตทดลอง	52
2.20	ขนาดภายในและการประกอบของเตาระดับผลิตทดลอง	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.21	ตู้อบเมล็ดโกโก้ขนาดจุ 400 กิโลกรัม	54
2.22	แสดงขนาดของตู้อบเมล็ดโกโก้ขนาดจุ 400 กิโลกรัม	55
2.23	ลังหมักโกโก้	58
2.24	แม่พิมพ์ทำถาด	63
3.1	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของตำแหน่งต่าง ๆ ในตู้อบแห้ง กับเวลาของการทดลองครั้งที่ 5	72
3.2	อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของตำแหน่งต่าง ๆ ในตู้อบแห้ง กับเวลาของการทดลองครั้งที่ 6	73
3.3	โปรไฟล์ของอุณหภูมิในตู้อบที่เวลาต่าง ๆ ของการอบแห้ง	74
3.4	โปรไฟล์ของอุณหภูมิในตู้อบที่เวลาต่าง ๆ ของการอบแห้ง	74
3.5	อุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของเมล็ดโกโก้ขณะอบแห้งที่ชั้นต่าง ๆ ของการทดลองที่ 5	76
3.6	อุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของเมล็ดโกโก้ขณะอบแห้งที่ชั้นต่าง ๆ ของการทดลองที่ 6	77
3.7	อัตราส่วนความชื้นต่อเวลาของเมล็ดโกโก้ของการทดลองครั้งที่ 5	78
3.8	แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิในเมล็ดและตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้แบบที่มีใบกวนชนิด A และเตาแบบที่ 3	81
3.9	แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิในเมล็ดและตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้แบบที่มีใบกวนชนิด B และเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3	82
3.10	แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิในเมล็ดและตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้แบบที่มีใบกวนชนิด B และเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2	83
3.11	กราฟอบแห้งของพริกที่อุณหภูมิ 50 °ซ และ 65 °ซ	90
3.12	กราฟอบแห้งของพริกอบที่ 50 °ซ ความหนา 6.5 ซม.	91

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.13	กราฟอบแห้งของพริกอบที่ 65 °ซ ความหนา 7.5 ซม.	92
3.14	กราฟอบแห้งของพริก อบที่ความหนา 12.0 ซม. กลับทุก 3 ชั่วโมง	93
3.15	กราฟอบแห้งของมะพร้าว อบที่ 70 °ซ	94
3.16	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (●) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิในเมล็ด (◆) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 14-17 ตุลาคม 2539 ที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี	100
3.17	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (●) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิในเมล็ด (◆) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 17-19 ตุลาคม 2539 ที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี	101
3.18	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (●) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิในเมล็ด (◆) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 20-22 ตุลาคม 2539 ที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี	102
3.19	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (●) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิในเมล็ด (◆) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 22-25 ตุลาคม 2539 ที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี	103
3.20	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (●) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิในเมล็ด (◆) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 25-27 ตุลาคม 2539 ที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี	104
3.21	การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ จำนวน 5 ทดลอง	105

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.22	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (◆) อุณหภูมิในเมล็ด (●) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 17-20 ตุลาคม 2540 ที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช	110
3.23	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (◆) อุณหภูมิในเมล็ด (●) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 21-23 ตุลาคม 2540 ที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช	111
3.24	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (◆) อุณหภูมิในเมล็ด (●) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 24-26 ตุลาคม 2540 ที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช	112
3.25	การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ จำนวน 3 การทดลอง	113
3.26	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (◆) อุณหภูมิในเมล็ด (●) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดกาแฟ ระหว่างวันที่ 23-26 ธันวาคม 2540 ที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช	117
3.27	แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (◆) อุณหภูมิในเมล็ด (●) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดกาแฟ ระหว่างวันที่ 26-28 ธันวาคม 2540 ที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช	118
3.28	การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาของการอบแห้งเมล็ดกาแฟ จำนวน 2 การทดลอง	119
3.29	ลักษณะของเปลือกโกโก้และใยอาหาร	127

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.30	ลักษณะของใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านตะแกรง	130
3.31	ลักษณะของคุ้กกี้เสริมใยอาหาร	132
3.32	ลักษณะของเส้นใยจากเปลือกโกโก้ที่ฟอกสีแล้ว	146
3.33	ถาดที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและใยเปลือกโกโก้	149
3.34	ลักษณะของถาดและอาหาร หลังเก็บไว้ที่ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 วัน	150

บทที่ 1

บทนำ

(Introduction)

1.1 พืชเศรษฐกิจบางชนิดในภาคใต้ของประเทศไทย

1.1.1 โกโก้ เป็นพืชเมืองร้อนสามารถขึ้นได้ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนถึงสูงกว่าระดับน้ำทะเล 2,000 ฟุต ในแหล่งที่มีปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 1,500 - 2,000 มิลลิลิตรต่อปี ฝนตกสม่ำเสมอ และแพร่กระจายตลอดปี ดินที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตเป็นดินร่วน ระบายน้ำได้สะดวก มีความเป็นกรดด่างของดินตั้งแต่ 5.5 - 7.0 อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 24 - 29 องศาเซลเซียส (วิทย์, 2527)

เนื่องจากลักษณะดินฟ้าอากาศในภาคใต้ของประเทศไทยมีความเหมาะสมในการปลูกโกโก้ ประกอบกับเกษตรกรชาวสวนมะพร้าวในภาคใต้มีผลผลิต และรายได้ต่ำ กรมส่งเสริมการเกษตรจึงได้ส่งเสริมเกษตรกรชาวสวนมะพร้าวปลูกโกโก้เป็นพืชแซมในสวนมะพร้าว เพื่อเป็นการเพิ่มรายได้ของเจ้าของสวนมะพร้าวแล้วยังเป็นการเพิ่มผลผลิตมะพร้าวอีกด้วย นอกจากนี้การส่งเสริมการปลูกโกโก้ยังเน้นการทดแทน การนำเข้าของผลิตภัณฑ์โกโก้ และเป็นหนทางการส่งออกในอนาคต (กมลลักษณ์, 2530 ; วิทย์, 2527 ; อภิชัย, 2527)

ไพบูลย์ และคณะ (2534) ได้รายงานว่า

1. พื้นที่ทั้งหมดที่ปลูกโกโก้ใน 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี กระบี่ และพังงา เมื่อปี 2530 มีค่าเท่ากับ 22,002.5 ไร่ แต่ปัจจุบันพื้นที่การเพาะปลูกโกโก้ได้ลดลง ทั้งนี้เพราะไม่มีแรงจูงใจให้เกษตรกรรักษาพื้นที่หรือขยายพื้นที่การปลูกโกโก้อีกต่อไป

2. ขนาดพื้นที่ถือครอง เกษตรกรมีพื้นที่ถือครองสำหรับปลูกโกโก้ระหว่าง 5 - 15 ไร่ต่อครอบครัว มีประมาณร้อยละ 57.7 ระหว่าง 16 - 20 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 19.2 และมากกว่า 20 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 23.1

3. ผลผลิต เมื่อทำเป็นเมล็ดโกโก้แห้งมีค่า 0 - 50 กิโลกรัมต่อไร่ 51 - 100 กิโลกรัมต่อไร่ และมากกว่า 100 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 46.2, 19.2 และ 34.6 ตามลำดับ

จากสภาวะของการผลิตและการจำหน่ายโกโก้ของโลก ประเทศผู้ผลิตโกโก้แห้งรายใหญ่ของโลกเรียงลำดับกันดังนี้ ไอวอรี่โคสต์ กัวเตมาลา บราซิล ไนจีเรีย แคเมอรูน และมาเลเซีย ซึ่งข้อปรากฏว่าในระยะ 4 - 5 ปี มานี้ ปริมาณการส่งออกของประเทศเหล่านี้เพิ่มมากขึ้นทุกปี (กมลลักษณ์, 2530) ในขณะเดียวกัน ประเทศมาเลเซีย ได้ตั้งความหวังไว้ว่าภายในปี 2543 มาเลเซียจะก้าวขึ้นมาเป็นผลิตโกโก้รายใหญ่เป็นที่ 3 ของโลกให้ได้ และคาดหมายว่าจะขยายตลาดการส่งออกโกโก้ไปยังสหรัฐอเมริกา

<u>การตลาดโกโก้</u> ความต้องการของตลาดโดยเฉพาะในประเทศมีบริษัทดำเนินการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปโกโก้ ได้แก่ บริษัทสยามโกโก้ ถนนบางนา-ตราด อำเภอบางประกง จังหวัดฉะเชิงเทรา รับซื้อและต้องการเมล็ดโกโก้แห้ง เพื่อเป็นวัตถุดิบ เพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด คือ โกโก้ผง และไขมันโกโก้ปีละ 2,000 ตัน และ 1,800 ตัน ตามลำดับ และในปี 2537 ขยายกำลังการผลิต รวมทั้งสิ้นเป็น 6,200 ตัน ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ส่งไปจำหน่ายสหรัฐอเมริกา เนเธอแลนด์ ไต้หวัน สำหรับในประเทศส่งให้ บริษัท ไมโล โอวัลติน โฟโมสต์ บริษัทนมตรามะลิ เนสเล่ย์ และโรงงานยาสูบ (สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้, 2539)

ปัจจุบันนี้ บริษัทรับซื้อเมล็ดโกโก้แห้งจากภายในประเทศได้เพียง 953 ตัน ส่วนที่เหลือบริษัทต้องสั่งนำเข้าจากประเทศมาเลเซีย

สำหรับการตลาดในภาคใต้ บริษัทขวัญเกษตรจะเป็นผู้รับซื้อเมล็ดโกโก้สดจากเกษตรกรเพื่อนำไปหมักและอบแห้ง ในราคากิโลกรัมละ 7.00 - 7.50 บาท ในขณะเดียวกันบริษัทขวัญเกษตรรับซื้อเมล็ดโกโก้แห้งจากเกษตรกรในอัตรากิโลกรัมละ 24 - 27 บาท (จากการสอบถาม, 2540)

1.1.2 <u>กาแฟ</u> กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจของโลก ได้มีการจัดตั้งเป็นองค์การกาแฟระหว่างประเทศขึ้น ในปี 2505 มีสมาชิก 63 ประเทศ ประกอบด้วยผู้ส่งออก 44 ประเทศ ผู้นำเข้า 19 ประเทศ ประเทศผู้ส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ บราซิล โคลัมเบีย อินโดนีเซีย ไอวอรีโคสต์ กัวเตมาลา และเม็กซิโก สำหรับประเทศไทยเป็นสมาชิกผู้ส่งออกรายย่อยและผลิตกาแฟประมาณร้อยละ 1 ของผลผลิตโลก

สำหรับประเทศสมาชิกผู้นำเข้ากาแฟที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ประชาคมยุโรป ญี่ปุ่น สวีเดน ฟินแลนด์ สวิสเซอร์แลนด์ และออสเตรีย

<u>การผลิตกาแฟ</u> กาแฟจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศชนิดหนึ่ง พันธุ์กาแฟที่ใช้ปลูกในประเทศไทย มีอยู่ 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์อะราบิก้า และพันธุ์โรบัสต้า โดยที่พันธุ์อะราบิก้ามีแหล่งผลิตทางภาคเหนือ ในขณะที่พันธุ์โรบัสต้ามีแหล่งผลิตทางภาคใต้ จากข้อมูลของสำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้ จังหวัดสงขลา รายงานว่าในปี 2540 พื้นที่เพาะปลูกทั้ง 11 จังหวัดในภาคใต้รวมทั้งสิ้น 497,736 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่เพาะปลูกที่ให้ผลผลิตแล้ว 475,007 ไร่ จังหวัดที่มีการปลูกกาแฟมากไปหาน้อย ได้แก่ จังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ และจังหวัดที่ปลูกน้อยที่สุดได้แก่ จังหวัดสตูล สำหรับผลผลิตกาแฟในภาคใต้ ปี 2537 มีผลผลิตรวม 77,049 ตัน ในขณะที่ปี 2540 มีผลผลิตรวม 76,406 ตัน (สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้, 2541)

เนื่องจากกาแฟเป็นสินค้าที่จะต้องอิงราคาตามตลาดโลก ทำให้บางปีราคาของกาแฟจะต่ำมาก ทำให้เกษตรกรไทยเรียกร้องให้รัฐบาลเข้าช่วยเหลือจึงเป็นผลให้รัฐบาลคิดลดพื้นที่ปลูกกาแฟลงมาครึ่งหนึ่ง โดยให้เปลี่ยนเป็นปลูกไม้ผล ไม้เศรษฐกิจ และเลี้ยงปศุสัตว์แทน ซึ่งได้ดำเนินอย่างเป็นรูปธรรม ตามนโยบายปรับโครงสร้างและระบบการผลิตการเกษตร ระหว่างปี 2537 - 2539 มีเป้าหมายลดพื้นที่กาแฟรวม 210,000 ไร่ โดยดำเนินการปีละ 70,000 ไร่ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาพื้นที่การปลูกกาแฟของภาคใต้ ในขณะนี้ยังไม่มีแนวโน้มจะลดลง ทั้งนี้เพราะราคากาแฟในปี 2537/38 สูงขึ้น ซึ่งสูงสุดในรอบ 8 ปี ทำให้เกษตรกรไม่เข้าร่วมโครงการเท่าที่ควร

<u>การตลาดของกาแฟ</u> ผลผลิตกาแฟของไทย ประมาณร้อยละ 20 ใช้บริโภคภายในประเทศ ในปี 2536/37 ประเทศไทยส่งออกกาแฟ 64,919 ตัน มูลค่า 1,949 ล้านบาท ในปี 2538 (ระยะ 9 เดือน) มีปริมาณการส่งออก 70,291.5 ตัน มูลค่า 4,456.25 ล้านบาท จะเห็นว่าปริมาณและมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.28 และ 128.69 ตามลำดับ ประเทศคู่ค้าที่สำคัญของไทย ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ประชาคมยุโรป และสิงคโปร์

สำหรับการใช้เมล็ดกาแฟดิบ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปี 2537/38 ความต้องการกาแฟดิบเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศมีปริมาณ 15,000 ตัน และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวของปัจจุบันใน 4 - 5 ปีข้างหน้า การใช้กาแฟดิบในประเทศส่วนใหญ่จะส่งป้อนโรงงาน

แปรรูป 1 คั่วบด โดยเฉพาะอุตสาหกรรมผลิตกาแฟผงสำเร็จรูป ปัจจุบันมีโรงงานแปรรูปที่สำคัญอยู่ 3 โรงงาน ผลิตกาแฟผงสำเร็จรูปออกจำหน่ายให้กับผู้บริโภคภายในประเทศ ได้แก่ เนสกาแฟ มอคโคนา และเขาช่อง และนอกจากนี้มีโรงงานคั่วบดกาแฟขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วไปอีกส่วนหนึ่ง

ราคา ราคาของเมล็ดกาแฟดิบที่เกษตรกรขาย ณ ที่สวนของเกษตรกรเฉลี่ยของปี 2537, 2538, 2539 และ 2540 มีค่าเท่ากับ 22.11, 58.22, 40.22 และ 34.11 บาท ตามลำดับ (สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้, 2539, 2541)

สำหรับราคาต่างประเทศจะมีความเคลื่อนไหวตามตลาดโลก เช่น ราคาส่งออก FOB ของเมล็ดกาแฟดิบไปยังประเทศในภาคีเดือนกันยายน 2538 เฉลี่ยกิโลกรัมละ 60.80 บาท ในขณะที่ส่งออกไปยังประเทศนอกภาคี เฉลี่ยกิโกกรัมละ 58.99 บาท (อาภรณ์, 2538)

คุณภาพของเมล็ดกาแฟ คุณภาพของกาแฟผงสำเร็จรูปที่ผู้บริโภคต้องการขึ้นอยู่กับคุณภาพของเมล็ดกาแฟดิบที่ใช้ และเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการแปรรูป ดังนั้นการซื้อขายเมล็ดกาแฟทุกวันนี้ มักใช้คุณภาพประกอบการพิจารณาซื้อขายกันอยู่เสมอ ซึ่งบริษัท ควอลิตี้ คอฟฟี่ โปรดักท์ส จำกัด ซึ่งผลิตกาแฟผงสำเร็จรูป (เนสกาแฟ) ได้ใช้ระบบการซื้อขายเมล็ดกาแฟตามคุณภาพ โดยได้จัดตั้งศูนย์รับซื้อที่ อ.สวี จังหวัดชุมพร

อย่างไรก็ดี สมาคมผู้ส่งออกได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพเมล็ดกาแฟที่จะรับซื้อจากชาวสวน สรุปได้ดังนี้

1. เมล็ดกาแฟไทย โรบัสต้า จะต้องมีสี กลิ่นตามธรรมชาติ ไม่บูดเน่า หรือขึ้นรา ไม่มีผลกระทบปะปน

2. ข้อบกพร่องกาแฟทั้งหมดจะต้องไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลกาแฟหรือเมล็ดติดเปลือก คือ เมล็ดกาแฟที่กระเทาะเปลือกออกไม่หมด ซึ่งกาแฟที่ซื้อขายโดยทั่วไปแล้วไม่ควรจะมี

2.2 เมล็ดดำ คือ เมล็ดที่มีสีดำเกินครึ่งหนึ่งของเมล็ด ซึ่งจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 2

2.3 เมล็ดบอด คือ เมล็ดที่มีรูมอดเจาะเกิน 1 รู ซึ่งจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 4

2.4 เมล็ดแตก คือ ชิ้นส่วนเมล็ดกาแฟที่มีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของเมล็ดกาแฟทั้งหมด ซึ่งมีได้ไม่เกินร้อยละ 2

2.5 เมล็ดเสีย คือ เมล็ดที่มีลักษณะเป็นรูพรุน เมล็ดกาแฟโคนต้น เมล็ดที่ผิดปกติ และอื่น ๆ ซึ่งจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 0.5

2.6 สิ่งเจือปน คือ เศษหิน เศษไม้ เปลือกกาแฟ และทุกอย่างที่ไม่ใช่เมล็ดกาแฟ ซึ่งจะมีได้ไม่เกินร้อยละ 0.5

ข้อปฏิบัติในการรับซื้อเมล็ดกาแฟในกรณีที่มีข้อบกพร่องเกินกำหนด

1. เมล็ดกาแฟที่มีความชื้นเกินร้อยละ 13 แต่ไม่เกินร้อยละ 14 จะรับซื้อโดยตัดน้ำหนักความชื้น ในส่วนที่เกินร้อยละ 13 โดยเทียบอัตราส่วน

2. ข้อบกพร่องทั้งหมดรวมกันไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนักแต่ข้อบกพร่องบางข้อเกินกว่ากำหนดของข้อนั้น ผู้ส่งออกสามารถปรับราคาหรือหักน้ำหนักได้ไม่เกิน 0.5 ต่อ 1% ของข้อบกพร่องที่เกิน หรืออัตราเปอร์เซ็นต์ละ 0.5 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัม

3. ข้อบกพร่องทั้งหมดรวมกันเกินร้อยละ 7 แต่ไม่เกินร้อยละ 9 โดยน้ำหนัก ผู้ส่งออกมีสิทธิปรับราคาหรือหักน้ำหนักตามส่วนที่เกิน คือ อัตราเปอร์เซ็นต์ละ 1 กิโลกรัมต่อ 100 กิโลกรัม

4. ข้อบกพร่องทั้งหมดรวมกันเกินร้อยละ 9 หรือมีความชื้นเกินร้อยละ 14 และหรือมีผลกาแฟหรือเมล็ดติดเปลือกปะปนมา ผู้ส่งออกมีสิทธิไม่รับซื้อสินค้า ทั้งนี้เว้นแต่จะมีการเจรจาตกลงกันเป็นกรณีพิเศษระหว่างผู้ส่งออกและผู้ขาย

1.1.3 <u>มะพร้าว</u> เดิมมะพร้าวแก่นับเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยผลิตมะพร้าวได้มากเป็นอันดับ 5 ของโลก ผลผลิตร้อยละ 70 จะใช้บริโภคภายในประเทศในรูปเป็นส่วนประกอบอาหาร การแปรรูปอาหาร และขนมในรูปแบบต่าง ๆ ผลผลิตอีกร้อยละ 30 จะเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมภายในประเทศ ต่อมาเมื่อมีพืชน้ำมันอื่น ๆ โดยเฉพาะน้ำมันปาล์มเข้าสู่ตลาด และแบ่งส่วนแบ่งตลาดของน้ำมันมะพร้าว จึงส่งผลให้ราคามะพร้าวตกต่ำลงอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะพร้าวประมาณ 3.34 ล้านไร่ โดยแยกเป็นมะพร้าวแก่ 2.74 ล้านไร่ และเป็นมะพร้าวอ่อนประมาณ 0.60 ล้านไร่

แหล่งผลิตมะพร้าวที่สำคัญจะอยู่ในภาคใต้ โดยพื้นที่ปลูกมะพร้าวในปี 2540 ประมาณ 1.22 ล้านไร่ แยกเป็นมะพร้าวแก่ที่ให้ผลผลิตแล้ว ประมาณ 1.04 ล้านไร่ และเป็นมะพร้าวที่ยังไม่ให้ผลผลิตอีกประมาณ 1.8 แสนไร่ จังหวัดที่มีการปลูกมะพร้าวจากมากไปหาน้อย มีดังนี้ จังหวัดชุมพร มีพื้นที่ปลูกประมาณ 401,362 ไร่ สุราษฎร์ธานี 301,364 ไร่ และนครศรีธรรมราช ประมาณ 152,932 ไร่ โดยมีผลผลิตใน 14 จังหวัดภาคใต้ รวมทั้งหมด 78,267.3 ตัน (สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้, 2541)

<u>การตลาดของมะพร้าวแก่</u> จากรายงานของสำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้ จังหวัดสงขลาว่า ในปี 2540 ราคาการซื้อขายของมะพร้าวแก่ที่เกษตรกรขายได้ ณ ที่สวน เฉลี่ยกิโลกรัมละ 3.63 บาท ราคาของมะพร้าวแก่ตกต่ำอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว ทั้งนี้เนื่องจากการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มที่เข้ามาแทนที่ นอกจากนี้ขนาดของผลมะพร้าว โดยเฉลี่ยมีขนาดเล็กลง ทั้งนี้เนื่องจากต้นมะพร้าวมีอายุมาก และขาดการบำรุงรักษาทำให้ราคาที่จำหน่ายตกต่ำไปด้วย

1.2 กรรมวิธีการผลิต

1.2.1 <u>กรรมวิธีการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง</u> การผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง ประกอบด้วยขั้นตอนการหมักและการอบแห้ง จากรายงานการศึกษาเรื่อง โครงการวิจัยและพัฒนากรรมวิธีการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง ของนายไพบูลย์ และคณะ (2534) ได้รายงานว่า ก่อนจะทำการหมักเมล็ดโกโก้ ควรจะต้องนำผลโกโก้มาบ่มเป็นเวลา 3 วันก่อน ในที่ร่มโล่ง แล้วหมักด้วยวิธีแบบกล่องเป็นระยะ 4 วัน โดยมีการกลับเมล็ดโกโก้ในวันที่ 2 ของการหมัก สำหรับวิธีการทำแห้ง พบว่า การทำแห้ง แบบ 2 ตอน (stages) ดีกว่าวิธีการทำแห้งแบบอื่น ๆ ในแง่ของคุณภาพเมล็ด

ตู้อบเมล็ดโกโก้ที่ได้พัฒนาขึ้นใช้หลักการผสมระหว่างแสงอาทิตย์กับลมร้อน ตู้อบเมล็ดโกโก้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เตาพลังงาน และตู้อบ ตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับโรงงานผลิตทดลองสามารถบรรจุเมล็ดโกโก้ได้ 250 - 300 กิโลกรัมต่อครั้ง การอบแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่หนึ่งใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และตอนที่สองใช้ 70 องศาเซลเซียส จนเมล็ดโกโก้มีความชื้นร้อยละ 7 - 9 ใช้เวลาทั้งสิ้น 19 ชั่วโมง ระหว่างการอบแห้งจะต้องมีการกลับ

เมล็ดทุก ๆ 2 - 4 ชั่วโมง เมื่อคำนวณประสิทธิภาพของเตาให้พลังงานพบว่า ประสิทธิภาพของการถ่ายเทพลังงาน มีค่าร้อยละ 61.45

1.2.2 <u>กรรมวิธีการผลิตเมล็ดกาแฟ</u> คุณภาพของกาแฟผงสำเร็จรูป หรือ กาแฟสำเร็จรูปอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ใช้และเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปว่ามีความทันสมัยและเหมาะสมหรือไม่ ฉะนั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟจึงมีความสำคัญ

ขั้นตอนที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่สำคัญได้แก่ ขั้นตอนก่อนและหลังเก็บเกี่ยว ปกติกาแฟจะเริ่มสุกในเดือนพฤศจิกายนโดยสังเกตจากการเปลี่ยนสีของเปลือกของผลซึ่งจะเปลี่ยนจากสีเขียวในขณะที่ยังไม่สุกเป็นสีแดงเมื่อสุก ผลกาแฟหนึ่งผลจะประกอบด้วยเมล็ดกาแฟอยู่ภายใน 2 เมล็ด กระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟมีดังนี้ (ศราวุธ, 2538)

1. <u>การเก็บเกี่ยวผลกาแฟ</u>

(ก) เลือกเก็บเฉพาะผลสุกสีแดง ตามธรรมชาติผลกาแฟจะสุกไม่พร้อมกัน จึงต้องทะยอยเก็บหลายครั้ง โดยเลือกเฉพาะผลสุกสีแดงเท่านั้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดหนึ่ง กล่าวคือ ผู้เก็บจะได้ค่าจ้างตอบแทนตามน้ำหนักที่เก็บได้ในแต่ละวัน จึงทำให้ผู้เก็บมักจะเก็บเกี่ยวผลกาแฟในลักษณะคละกันคือ จะมีผลกาแฟที่สุกและไม่สุกปะปนกัน เนื่องจากผู้เก็บมักจะรูดผลกาแฟมาทั้งกิ่ง ดังนั้น เพื่อแก้ไขปัญหานี้จะต้องหาวิธีการจ่ายค่าแรงตามคุณภาพของผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ ด้วยการจ่ายเงินเพิ่มพิเศษ

ผลกาแฟที่สุกงอม ผลแห้งคาต้น ผลที่ร่วงหล่นตามพื้นควรแยกเก็บต่างหาก เนื่องจากมีผลต่อ กลิ่น และรสชาติ ของเมล็ดกาแฟเช่นเดียวกับผลกาแฟที่ยังไม่สุก กล่าวคือ ผลกาแฟเหล่านี้จะทำให้กลิ่นและรสชาติของเมล็ดกาแฟด้อยลง ขณะเดียวกันเมล็ดกาแฟที่ได้จากผลกาแฟสีเขียว จะมีน้ำหนักเบากว่าที่ได้จากผลกาแฟสีแดง

(ข) ใช้ภาชนะที่สะอาดรวบรวมผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้ หลีกเลี่ยงการใช้ภาชนะโดยเฉพาะกระสอบที่มีกลิ่นของเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ เนื่องจากผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้อาจจะดูดซับกลิ่นของเคมีภัณฑ์นั้นเข้าไป

(ค) ในการเก็บผลกาแฟรอบสุดท้ายให้เก็บผลที่ร่วงหล่นตามพื้น และที่ตกค้างอยู่บนต้นออกให้หมด หากปล่อยทิ้งไว้จะเป็นแหล่งสะสมและอาศัยของมอดเจาะผลกาแฟในฤดูกาแฟถัดไป

2. <u>วิธีการทำแห้ง</u> กรรมวิธีการทำแห้งผลกาแฟมีอยู่หลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน วิธีการทำแห้งมี ดังนี้

2.1 วิธีแห้ง (Dry method หรือ Natural method) นับว่าเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด Clifford และ Willson (1985) ได้กล่าวไว้ว่าผลกาแฟจะแผ่อยู่บนเสื่อ หรือ แคร่ไม้ไผ่ หรือ อาจจะตากบนลานซีเมนต์ก็นิยมใช้กันมาก ความหนาของชั้นผลกาแฟก็มีส่วนสำคัญ ในระหว่างการตากแห้ง จะต้องมีการกลับผลกาแฟ โดยมีข้อแนะนำว่าปริมาณผลกาแฟที่ตากต่อหนึ่งตารางเมตรควรมีปริมาณ 20 กิโลกรัม ความชื้นสุดท้ายของผลกาแฟควรมีค่าประมาณร้อยละ 13 หรือน้อยกว่า ระยะเวลาที่ตากแห้งขึ้นกับสภาพดินฟ้าอากาศ ถ้าอากาศดีจะใช้เวลา 8 - 10 วัน ในขณะที่พงษ์ศักดิ์ (2537) รายงานว่าจะต้องใช้เวลา 15 - 20 วัน

ศราวุธ (2538) ได้กล่าวไว้ว่า การตากผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้จะต้องนำไปตากโดยเร็ว ทั้งนี้เพราะว่า ผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ ๆ จะยังคงมีการหายใจ และเกิดความร้อนเมื่อนำผลกาแฟมากองไว้นาน ๆ ทำให้อุณหภูมิพอเหมาะกับจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจนสามารถเจริญ เพิ่มปริมาณมากขึ้นโดยอาศัยสารอาหาร (คาร์โบไฮเดรต) จากผลกาแฟสดที่ปล่อยกองไว้ ทำให้เกิดการหมักขึ้น และจะคายความร้อนออกมา ซึ่งจะส่งผลให้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเมล็ดกาแฟเปลี่ยนไป โดยเฉพาะกลิ่นและรสชาติเหม็นเปรี้ยว ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด

การตากผลกาแฟ สามารถตากบนลานตากได้ 3 ลักษณะ คือ

(ก) ลานดิน นำผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวได้มาตากบนลานดินเป็นวิธีที่ดั้งเดิม ปัจจุบันได้มีการใช้ตาข่ายสีฟ้า มารองรับชั้นหนึ่งแทนการตากบนดินโดยตรง

(ข) ลานคอนกรีต (ลานปูน/ลานซีเมนต์) การตากบนลานคอนกรีต เป็นวิธีที่ดีและเหมาะสม ต้องใช้เงินทุนสูง แต่ใช้งานได้นานและคงทน

(ค) แคร่ไม้ไผ่ เป็นลานตากที่ดีที่สุด เพราะว่าการระบายอากาศและระเหยความชื้นจะเกิดทั้งด้านบนและด้านล่างของลานตากปกติแคร่จะอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 50 เซนติเมตร แล้วรองพื้นด้วย ตาข่ายสีฟ้าชั้นหนึ่งก่อนตากกาแฟ วิธีการตากแห้งบนแคร่ไม้ไผ่ยังจำกัดการใช้ในหมู่เกษตรกรรายย่อยและผลผลิตไม่มากนัก

นอกจากการตากแห้งผลกาแฟควรจะมีการเกลี่ย และกลับกองผลกาแฟบ่อย ๆ และทุก ๆ วัน เพื่อช่วยระเหยความชื้นและระบายความร้อนอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งกอง และช่วยยืด

ระยะเวลาการตากให้สั้นลง เมื่อผลกาแฟเริ่มแห้ง ซึ่งสังเกตจากสีของเปลือกซึ่งจะมีสีน้ำตาลดำ ควรจะมีการคลุมกองทุกเย็นและก่อนฝนตกโดยใช้ผ้าพลาสติกกันน้ำซึม (ผ้าใบ) และเกลี่ยออกตากใหม่ในวันรุ่งขึ้นหรือวันที่อากาศแจ่มใส เนื่องจากสภาพอากาศตอนกลางคืนจะชื้น ถ้าไม่คลุมกองในตอนเย็นจะทำให้ผลกาแฟชื้นขึ้นมาอีกได้ ทั้งนี้เพราะว่าผลกาแฟเป็น hygroscopic ที่สามารถดูดความชื้นได้ง่าย นอกจากนี้การคลุมกองกาแฟเพื่อให้ความชื้นในผลกาแฟถ่ายเทออกมาสู่ส่วนของเปลือก ซึ่งแห้งกว่าการทำเช่นนี้จะช่วยให้ผลกาแฟแห้งเร็วขึ้น

เมื่อได้ผลกาแฟที่แห้งตามความต้องการแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การสีกะเทาะเปลือกเมล็ด (Hulling) ศราวุธ (2538) ได้ให้ข้อแนะนำวิธีง่าย ๆ สังเกตว่าผลกาแฟแห้งพร้อมนำไปสีกะเทาะเปลือกได้แล้วมีดังนี้ ผลกาแฟมีเปลือกสีน้ำตาลเข้ม นำมาเขย่าฟังเสียง จะได้ยินเสียง "กราว ๆ" และมีน้ำหนักคงที่ 3 - 4 วัน การสีกะเทาะเปลือกผลกาแฟทำได้โดยใช้วิธีการทำในครกไม้ (Clifford and Willson, 1985) หรือใช้ไม้มัดโลหะตรงช่องสี จะได้เมล็ดกาแฟที่มีลักษณะมันวาว หรือใช้แท่งยางตรงช่องสี คุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ได้จากเครื่องสีทั้งสองชนิด ไม่มีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะกลิ่นและรสชาติ การปรับช่องสีจะต้องมีขนาดพอดีมิฉะนั้นจะทำให้เมล็ดกาแฟแตกหักมาก หรือผลกาแฟลอดออกมาก โดยไม่ผ่านการสีกะเทาะถ้าหากว่าปรับช่องสีมีขนาดกว้างไป (ศราวุธ, 2538) การสีกระเทาะเปลือกผลกาแฟอาจจะใช้เครื่องกระเทาะปลือก เช่น Africa huller ซึ่งมีความสามารถในการสีกระเทาะเปลือกได้ 45 - 1,040 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ Des caseador huller ซึ่งใช้ในประเทศบราซิล มีกำลังการผลิตให้เมล็ดกาแฟที่สะอาด 450 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (Wrigley, 1988)

2.2 วิธีเปียก (Wet method, Wash method หรือ Parchment method) วิธีนี้ค่อนข้างยุ่งยากกว่าวิธีแห้ง แต่จะให้คุณภาพที่ดีกว่าและมีราคาสูงกว่า วิธีนี้เหมาะกับกาแฟพันธุ์อะราบิก้า และใช้กับกาแฟพันธุ์โรบัสต้าในบางครั้ง (Clifford and Willson, 1985) วิธีนี้ต้องใช้น้ำจำนวนมาก ดังนั้นสถานที่สำหรับการทำด้วยวิธีนี้จึงควรจะพิจารณาถึงแหล่งน้ำ เช่น ใกล้ลำธาร ขั้นตอนที่สำคัญและแตกต่างไปจากวิธีแห้ง ก็คือ การแยกเอาเปลือกออก ให้เร็วที่สุดหลังจากเก็บเกี่ยวผลกาแฟ นอกจากนี้แล้วขั้นตอนการหมัก และการล้างเพื่อแยกเอาเปลือก และเมือกออกก่อนทำแห้งก็นับเป็นขั้นตอนสำคัญอีกขั้นตอนหนึ่ง ในการทำวิธีเปียกนี้อาจจะแยกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

(ก) การแยกผลกาแฟที่ไม่สุกหรือสุกเกินไป หรือผลฝ่อหรือพวกกรวดทรายหินออกจากผลกาแฟสุกที่ดี โดยการให้ลอยตัวในน้ำ

(ข) การปอกเปลือก ขั้นตอนนี้ควรจะทำให้เร็วที่สุด เพราะว่าหากทิ้งไว้ ผลกาแฟที่สุกจะเกิดการหมัก แล้วจะมีผลกระทบต่อกลิ่นและรสชาติได้ มีข้อแนะนำว่าควรจะทำขั้นตอนนี้ให้เสร็จภายใน 12 - 24 ชั่วโมง หลักจากเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ไม่เช่นนั้นก็ต้องเก็บผลกาแฟสุกนี้ไว้ในน้ำ (Clifford and Willson, 1985) การปอกเปลือกจะแยกเอาเปลือกนอกที่มีสีแดง (epicarp) ซึ่งมีเปลือกชั้นบาง (mesocarp) ติดอยู่ออกไปบ้าง สำหรับเยื่อบาง ๆ ชั้นในที่หุ้มเมล็ด ซึ่งเป็นชั้น endocarp (parchment) ซึ่งอาจจะมีเยื่อบาง ๆ ของ mesocarp ติดอยู่ด้วย จะถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนของการหมัก (Wrigley, 1988) เครื่องปอกเปลือกนี้มีอยู่ 3 - 4 แบบ คือ แบบปอกเปลือกชนิดที่เป็นลูกกลิ้ง (drum pulper) แบบจาน (disc pulper) แบบเป็นเกลียว (spiral pulper) และ Aquapulper ซึ่งหลักการของเครื่องมือทั้ง 3 แบบ มีลักษณะเหมือนกัน คือ บีบผลกาแฟให้เมล็ดกาแฟแยกออกมา (Wrigley, 1988) เมื่อเมล็ดกาแฟแยกออกมาจากผลกาแฟแล้ว เมล็ดกาแฟก็จะเคลื่อนผ่านไปยังช่องการล้างน้ำ Aquapulper นอกจากจะปอกเปลือกแล้ว ยังสามารถแยกเมือก (mucilage) ออกได้ด้วย (Wrigley, 1988 ; Clifford and Willson, 1985)

(ค) การหมัก เป็นขั้นตอนที่ใช้สำหรับการกำจัดเมือกผลกาแฟที่ถูกเอาเปลือกออกใหม่ ๆ จะต้องนำไปหมักทันที เพื่อกำจัดเมือกออก เมือกมีลักษณะเป็นเยื่อขาว ๆ นุ่ม เป็นชั้นหนาประมาณ 0.5 - 22 ม.ม. หุ้มชั้น endocarp (parchment) ไว้ เมื่อผลกาแฟผ่านการหมักแล้วจะทำให้เมือกนี้หายไป จะเหลือแต่ parchment ที่หุ้มเมล็ดกาแฟสารไว้

เมือกนี้เป็นสารจำพวก protopectin และมีส่วนประกอบอื่น ๆ ได้แก่ น้ำร้อยละ 84.2 โปรตีนร้อยละ 8.9 น้ำตาลร้อยละ 4.1 ปริมาณกรดเพคติกร้อยละ 0.91 และเถ้าร้อยละ 0.7 ความแตกต่างขององค์ประกอบขึ้นกับความแก่อ่อนของผลกาแฟ (Wrigley, 1988 ; Clifford and Willson, 1985)

ปฏิกิริยาการย่อยสลาย (hydrolysis) ของสาร protopectin และการแตกตัวของเพคตินด้วยเอนไซม์ เป็นปฏิกิริยาหลักที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการหมัก ในระหว่างการหมักจะเกิดกรดนม (lactic acid) กรดน้ำส้ม (acetic acid) และกรดโปรนิโอนิก ผลกาแฟที่ปราศจากเปลือก มี pH ระหว่าง 5.5 - 6.0 หลังจากการแตกตัวของเมือก จะทำให้มีสภาวะเป็นกรด (pH ลดลง) ทำให้เหมาะกับปฏิกิริยาของเอนไซม์ ได้พบว่าที่ pH 5.5 ปฏิกิริยาของเอนไซม์จะเป็นสองเท่าของปฏิกิริยาที่ pH 4.0 เมื่อ pH ลดลงต่ำกว่า 4.0 ปฏิกิริยาของเอ็นไซม์จะช้าลง และอาจจะลดลงไปถึง pH 3.8 แล้ว pH ก็จะสูงขึ้น อันเนื่องจากการแตกตัวของกรดนม นอกจากนี้ปฏิกิริยาของเอนไซม์ยังขึ้นกับอุณหภูมิ การแตกตัวของเปลือกนี้ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เอ็นไซม์มีปฏิกิริยาช้าลง การหมักแบบที่มีน้ำหนักคงไว้จะให้กาแฟที่มีคุณภาพดีกว่าการหมักแบบแห้ง (หมายถึงระหว่างการหมักน้ำที่เกิดจากการหมักถูกระบายออกไป) ระยะเวลาของการหมักจะแปรเปลี่ยนแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 6 - 80 ชั่วโมง แต่โดยทั่วไปจะใช้เวลา 24 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความสุกของผลกาแฟ (Wrigley, 1988 ; Clifford and Willson, 1985)

วิธีการหมัก เกษตรกรรายย่อยอาจจะใช้ถังหรือลังไม้หมักผลกาแฟ แต่ไม่ควรใช้ภาชนะที่เป็นโลหะสำหรับการหมักผลกาแฟ หลังจากการหมักแต่ละครั้ง ต้องทำความสะอาดภาชนะให้ดีก่อนเริ่มการหมักขั้นต่อไป

สำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่การปลูกกาแฟจำนวนมาก หรือผลผลิตมากนิยมใช้บ่อซีเมนต์เป็นที่สำหรับการหมักผลกาแฟ ปกติจะมีหลังคาคลุมบ่อซีเมนต์ไว้ ป้องกันการสูญเสียความร้อนที่เกิดจากการหมักในขณะเดียวกันก็จะป้องกันไม่ให้เกิดลักษณะแห้ง อันเนื่องจากการระเหยน้ำ นอกจากนี้ยังป้องกันแสงแดดที่มากเกินไปและป้องกันฝนได้ด้วย

(ง) การล้าง หลังจากขั้นตอนการหมักเสร็จสิ้น ผลกาแฟจะต้องล้างทันที เพื่อล้างเอา parchment และเมือกที่ติดค้างอยู่ออกไป การล้างจะทำ 3 - 4 ครั้ง ด้วยน้ำสะอาด ถ้าหากไม่ล้างจะทำให้เมือกที่เหลืออยู่เกิดหมักต่อ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อกลิ่นและรสชาติของกาแฟได้

ในบางประเทศหลังจากการล้างแล้วจะนำเมล็ดกาแฟไปแช่น้ำ (soaking) ต่อทิ้งไว้ 1 วัน หรือในกรณีที่ไม่มีที่ว่างสำหรับการตากเมล็ดกาแฟ ควรจะนำเมล็ดกาแฟไปแช่ไว้ในน้ำจะดีกว่า และถ้าแช่เกินกว่า 24 ชั่วโมง ก็ควรเปลี่ยนน้ำที่ใช้แช่ด้วย (Wrigley, 1988)

(จ) การทำแห้ง หลังจากที่ได้ล้างเอา parchment และเมือกออกหมดแล้วนำเมล็ดกาแฟไปทำแห้ง ซึ่งอาจทำแห้งโดยการตากแดดหรือด้วยตู้อบลมร้อน หรืออาจจะใช้ทั้ง 2 อย่างร่วมกัน การทำแห้งควรจะทำทันที หลังจากขั้นตอนการล้าง เพื่อป้องกันการหมักเกิดขึ้นใหม่ การทำแห้งจะสมบูรณ์เมื่อเมล็ดกาแฟมีความชื้นประมาณร้อยละ 12

การตากแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์จะมีลักษณะเหมือนกับแบบการผลิตเมล็ดกาแฟโดยวิธีแห้ง คือ ตากบนลานซีเมนต์ แคร่ไม้ไผ่ หรือลานดินที่มีตาข่ายสีน้ำเงินรองอยู่ ความหนาของชั้นกาแฟอยู่ระหว่าง 1 - 4 นิ้ว ระยะเวลาการตากจะแปรเปลี่ยนอยู่ระหว่าง 8 - 15 วัน ในสภาพอากาศที่แจ่มใส (wrigley, 1988 ; Clifford and Willson, 1985)

การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง เหมาะกับเกษตรกรที่มีผลผลิตมากหรือกลุ่มเกษตรกร เครื่องอบแห้งส่วนใหญ่จะเป็นถังที่หมุนได้ (rotating drum) ซึ่งจะอบแห้งที่อุณหภูมิเริ่มต้น 90 องศาเซลเซียส และต่อมาลดลงเหลือ 55 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทั้งสิ้นน้อยกว่า 24 ชั่วโมง สำหรับกาแฟพันธุ์โรบัสต้า แต่ถ้าใช้อบกาแฟพันธุ์อะราบิก้า อุณหภูมิที่ใช้จะต่ำกว่านี้

(ฉ) การสีกะเทาะเปลือก เป็นการเอากาแฟกะลาไปทำการสีกะเทาะเอากะลาออก โดยใช้เครื่องสี หรือการตำในครกไม้

1.2.3 <u>การแปรรูปมะพร้าวแห้ง</u> (copra) ประเทศไทยใช้มะพร้าวเป็นวัตถุดิบแปรรูปสำหรับอุตสาหกรรม ได้แก่ โรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าว โรงงานทำเนื้อมะพร้าวแห้ง โรงงานผลิตเส้นใยมะพร้าว โรงงานโฟมเส้นใยมะพร้าว และโรงงานถ่านกะลามะพร้าว

ในอุตสาหกรรมน้ำมันมะพร้าว ใช้เนื้อมะพร้าวแห้งเป็นวัตถุดิบ ซึ่งมีปริมาณน้ำมันถึงร้อยละ 63 ดังนั้นเกษตรกรจึงได้ทำเนื้อมะพร้าวแห้ง เพื่อขายต่อพ่อค้าหรือส่งโรงงานสกัดน้ำมัน การทำเนื้อมะพร้าวแห้ง จะต้องใช้มะพร้าวที่แก่เต็มที่เพราะจะให้น้ำมันสูง ปกติจะเก็บมะพร้าวที่มีอายุ 11 - 12 เดือน หลังการผสมเกษร

วิธีการทำเนื้อมะพร้าวแห้ง สามารถทำได้โดย

(ก) การตากแดด

(ข) การรมควัน

(ค) การอบแห้งด้วยความร้อนทางอ้อม

สำหรับเกษตรกรในประเทศ โดยเฉพาะในภาคใต้จะใช้วิธีการตากแดดและการรมควันเป็นส่วนใหญ่ ทำให้คุณภาพของเนื้อมะพร้าวแห้งที่ได้มีคุณภาพต่ำ

ในการทำเนื้อมะพร้าวแห้ง ด้วยวิธีการตากแดดนั้น จะนำมะพร้าวผ่าซีกแล้วไปตากแดด ประมาณ 4 - 6 วัน เนื้อมะพร้าวจะมีลักษณะกึ่งแห้งจึงค่อยเอาเนื้อออกจากกะลามะพร้าว แล้วนำเนื้อมะพร้าวไปตากต่อ ซึ่งอาจจะใช้วิธีการตากแดด หรือรมควันก็ได้ จนให้มีความชื้นร้อยละ 7 (Grimwood, 1975) ความชื้นของเนื้อมะพร้าวแห้งนับว่ามีความสำคัญหากความชื้นสูงไป เช่น ความชื้นร้อยละ 10 จะทำให้เชื้อราเจริญได้ หรือถ้าความชื้นประมาณร้อยละ 4 การเกิด putrefaction จะเกิดได้ง่ายและทำให้น้ำมันที่ได้มีลักษณะเหม็นหืน (Woodroof, 1979)

ในการตากแดด มะพร้าวผ่าซีกแล้วควรนำไปจุ่มในน้ำสะอาดเพื่อล้างเอาสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่ติดอยู่กับเนื้อมะพร้าวออกก่อน ที่จะนำไปตาก เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อราในภายหลัง การตากควรที่จะตากบนลานซีเมนต์ หรือบนแคร่ไม้ การทำแห้งด้วยวิธีการตากแดดนี้ จะทำให้เนื้อมะพร้าวแห้งมีสิ่งสกปรกโดยเฉพาะ ฝุ่นละอองต่าง ๆ ติดเนื้อมะพร้าวแห้งได้

3. <u>แนวทางการปรับปรุง</u>

3.1 <u>การปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาและตู้อบเมล็ดโกโก้</u>

Sopian และ Othman (1992) ได้รายงานการใช้ตู้อบแสงอาทิตย์ช่วยการอบแห้งโกโก้ โดยการสร้างเซลล์เก็บพลังแสงอาทิตย์ไว้ ได้นำตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์นี้ไปใช้กับบริษัท Sungai Wangi Cocoa ซึ่งตั้งอยู่ที่ Setiawan Perak ประเทศมาเลเซีย แนวความคิดนี้จะช่วยประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 60 ของพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ร้อยละ 40 จะสามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 2135.2 GJ เมื่อใช้อุณหภูมิการอบแห้ง 65 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ ศรีวัย และคณะ (ม.ป.ป.) ได้ทำการออกแบบเครื่องอบแห้งเอนกประสงค์ เพื่ออบพริก ลำไย และโกโก้ โดยตู้อบมีขนาด 1.2 x 2.4 x 1.2 ลูกบาศก์เมตร และขนาด 1.2 x 3.6 x 1.2 ลูกบาศก์เมตร ภายในมีถาดขนาด 90 x 120 เซนติเมตร จำนวน 32 ถาด เรียงเป็นชั้น ๆ ส่วนให้ลมร้อนประกอบด้วยเตา ชุดแลกเปลี่ยนความร้อน และพัดลมนำความร้อนเข้าตู้อบ เพื่อทำการอบแห้งพริกเล็ก พริกใหญ่ ลำไย และเมล็ดโกโก้ จำนวน 250, 250, 350 และ 450 กิโลกรัม ใช้เวลาการอบแห้ง 11, 15, 25 และ 21

ชั่วโมง ตามลำดับโดยมีประสิทธิภาพการอบแห้งร้อยละ 12, 9.9, 17.9 และ 7.6 ตามลำดับ ในระหว่างการอบแห้งเมล็ดโกโก้ระยะแรก จะต้องมีการแกะและกลับเมล็ดโกโก้ทุก ๆ 2 ชั่วโมง

Chakraborty (1976) ได้ออกแบบตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์แบบทางอ้อม ประกอบด้วยส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์ที่ทำให้อากาศร้อนและพัดลมสำหรับเป่าอากาศร้อนเข้าไปในตู้อบ พบว่าภายในตู้อบมีอุณหภูมิเฉลี่ย 50 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดโดยเฉลี่ย 40 องศาเซลเซียส ขณะที่อากาศภายนอกตู้อบมีอุณหภูมิระหว่าง 30 - 32 องศาเซลเซียส ความเร็วของอากาศภายในมีค่าเท่ากับ 120 เมตรต่อนาที สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์ปลา ให้มีปริมาณความชื้นร้อยละ 20 - 25 โดยใช้เวลาอบแห้ง 13 - 15 ชั่วโมง ขณะที่ตากแดดกลางแจ้งใช้เวลา 3 วัน เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นอยู่ในระดับเดียวกัน

ไพบูลย์ และคณะ (2534) ได้พัฒนาเตาและตู้อบเมล็ดโกโก้ขึ้น ประสิทธิภาพของเตาให้พลังงาน พบว่า เตามีประสิทธิภาพการถ่ายเทพลังงานมีค่าร้อยละ 61.45 นอกจากนี้ ในระหว่างการอบแห้งเมล็ดโกโก้จะต้องมีการหยุดเครื่อง และทำการกลับเมล็ดด้วยคนทุก ๆ 2 - 4 ชั่วโมง

ฉะนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพของเตาให้สูงขึ้น จะทำให้ประหยัดและลดต้นทุนของการผลิตเมล็ดโกโก้ได้ นอกจากนี้การพัฒนาเครื่องกวนในตู้อบ จะช่วยลดการใช้แรงงานคนและไม่ต้องเสียเวลาในการหยุดเครื่องเพื่อกลับเมล็ดโกโก้

3.2 <u>การปรับปรุงวิธีการอบแห้งเมล็ดกาแฟ</u> จากการทำแห้งผลกาแฟโดยวิธีแห้ง ซึ่งวิธีดั้งเดิมจะแผ่ผลกาแฟบนเสื่อ หรือแคร่ไม้ไผ่หรือบนลานซีเมนต์ แล้วตากแดดให้มีความชื้นร้อยละ 13 หรือน้อยกว่า ซึ่งถ้าอากาศดี ๆ จะใช้เวลา 8 - 10 วัน การปฏิบัติเช่นนี้ทำให้ได้ผลกาแฟแห้งที่มีคุณภาพไม่ต้องการ เช่น ทำให้เกิดการหมักขึ้นอันเนื่องจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินติดกับผลกาแฟ มีสิ่งแปลกปลอม เช่น พวกเศษดิน หิน ทราย เปลือกไม้ ปะปนคุกเคล้าเข้าไปในกองกาแฟได้

การทำแห้งผลกาแฟด้วยเครื่องอบแห้ง จะช่วยให้รักษาคุณภาพของผลกาแฟ โดยเฉพาะกลิ่นรส และลักษณะปรากฏ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง จะสัมพันธ์กับปริมาณความชื้น ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพของผลกาแฟแห้ง ลมที่ใช้ทำแห้งจะถูกทำให้ร้อนและส่งผ่านเข้าไปทางด้านล่างผ่านชั้นผลกาแฟ ปริมาณความร้อนจะต้องมีมากพอให้เกิดการแลกเปลี่ยน

ความร้อนกับความชื้นระหว่างลมร้อนและผลกาแฟ และลมร้อนจะต้องกระจายให้ทั่วทั้งตู้อบหรือชั้นกาแฟ อุณหภูมิของลมและผลกาแฟจะต้องควบคุมให้ดี อุณหภูมิที่สูงเกินไปจะไปมีผลต่อกลิ่นรสของกาแฟในขั้นสุดท้าย

Sivetz และ Foote (1963) ได้กล่าวว่า ในระยะแรกผลกาแฟจะสูญเสียน้ำในอัตราที่สูงมาก ประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณน้ำทั้งหมด และจะมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงในช่วงที่มีความชื้นสูง Haarer (1962) ได้รายงานว่า อุณหภูมิเริ่มต้นของอากาศอาจสูงถึง 80 - 85 องศาเซลเซียส และเมื่ออบไป 6 ชั่วโมง อุณหภูมิควรจะลดลงเหลือ 62 องศาเซลเซียส แต่อย่างไรก็ตาม Haarer ได้สรุปว่าในการอบแห้งผลกาแฟแบ่งเป็น 2 ระยะ โดยระยะแรกใช้อุณหภูมิบรรยากาศ (ambient) และเมื่อมีความชื้นร้อยละ 43 อุณหภูมิที่ใช้อบอาจเพิ่มเป็น 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นร้อยละ 10 Sivetz และ Foote (1961) ได้กล่าวว่าอุณหภูมิของลมอาจสูงถึง 70 องศาเซลเซียส เมื่อเริ่มต้นอบแห้ง แต่จะต้องพยายามรักษาอุณหภูมิของเมล็ดกาแฟให้มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 50 - 53 องศาเซลเซียส เพราะถ้าอุณหภูมิสูงจะทำลายคุณภาพของเมล็ดกาแฟ แต่จากประสบการณ์ได้พบว่า อุณหภูมิของกระเปาะแห้งของลมร้อนในช่วง 8 ชั่วโมงแรก ให้มีอุณหภูมิ 68 องศาเซลเซียส ช่วง 8 ชั่วโมงหลังให้มีอุณหภูมิ 64 องศาเซลเซียส และช่วงสุดท้าย 8 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิ 59 องศาเซลเซียส

3.3 <u>การปรับปรุงการอบแห้งมะพร้าวแห้ง</u> จากที่กล่าวมาแล้วว่าการอบแห้งมะพร้าวดั้งเดิมนั้น ได้เนื้อมะพร้าวแห้งที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมต่อการสกัดน้ำมัน

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคการอบแห้งเนื้อมะพร้าว ให้ถูกหลักเศรษฐกิจและปลอดภัย นอกจากนี้แล้วยังได้เนื้อมะพร้าวแห้งที่มีคุณภาพสูง Woodroof (1979) ได้รายงานว่าได้ใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในการอบเนื้อมะพร้าวเป็นเวลา 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อบต่อจนแห้ง นอกจากตู้อบลมร้อนที่ใช้น้ำมันเพื่อให้เกิดลมร้อนแล้ว ยังมีเตาอบ (Kiln drying) เพื่อใช้อบแห้งเนื้อมะพร้าวที่อุณหภูมิ 50 - 59 องศาเซลเซียส

ดังนั้นวัตถุประสงค์การพัฒนาตู้อบเมล็ดโกโก้นี้นอกจากจะใช้อบเมล็ดโกโก้แล้วยังสามารถที่จะนำมาใช้อบแห้งผลกาแฟและเนื้อมะพร้าวให้ผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายมีคุณภาพดีขึ้น ซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถขายได้ราคาที่สูงขึ้น

1.3 เปลือกโกโก้

เปลือกโกโก้หรือฝักโกโก้เป็นผลพลอยได้จากการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง Wood and Lass (1985) รายงานว่าอัตราส่วนระหว่างเมล็ดโกโก้ต่อเปลือกโกโก้ มีค่าเท่ากับ 1.6 ล้านตัน : 6 ล้านตัน หรือเท่ากับ 1 : 3.75 นับเป็นสัดส่วนที่สูงมาก มีการนำเปลือกโกโก้มาใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยหรืออาหารสัตว์ ดังจะเห็นว่าในเปลือกโกโก้ประกอบด้วยน้ำเป็นหลัก และเยื่อใย ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้

องค์ประกอบ	ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง		
	Wood และ Lass (1985)	ไพบูลย์ และคณะ (2534)	บุญล้อม (2530)
ความชื้น*	-	-	84.00
โปรตีน	6.25	6.45	8.50
ไขมัน	-	0.34	0.59
เยื่อใย	27.30	21.62	26.90
เถ้า	8.10	8.68	10.60
คาร์โบไฮเดรต	-	53.50	49.61
แร่ธาตุ	3.74	-	-

หมายเหตุ * ร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

1.3.1 <u>การใช้ประโยชน์จากเปลือกโกโก้</u> เปลือกโกโก้เป็นแหล่งของโปแตสเซียมอย่างดี ซึ่งมีประมาณร้อยละ 3 - 4 ของน้ำหนักแห้ง ในประเทศการ์น่ามีการทำสบู่จากเถ้าที่ได้จากเปลือกโกโก้ในช่วงสงครามโลก นอกจากนี้ยังใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์โดยการตากแห้ง แล้วบดผสมอาหารในอัตราส่วนต่าง ๆ เช่น ร้อยละ 20 ในอาหารเป็ดไก่ ร้อยละ 30 ในอาหารหมู ร้อยละ 50 ในอาหารแพะแกะ ร้อยละ 20 - 40 ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง และในมาเลเซียมีการใช้เปลือกโกโก้สดร้อยละ 15 - 30 สับผสมอาหารเลี้ยงวัวนม (Wong and

Hassen, 1986 อ้างโดยบุญล้อม ชีวอิสระ, 2530 ; Wood, 1985) Adeyanju และคณะ (1975) ได้รายงานว่ามีการใช้เปลือกโกโก้แทนข้าวโพดบางส่วน ในอาหารสัตว์มานานแล้ว ในขณะที่ Oyedapo (1988) ได้ทำการศึกษาการใช้เปลือกโกโก้แปรรูปเป็นอาหารสัตว์ และใช้เป็นอาหารสัตว์เลี้ยงปลาน้ำจืด ได้พบว่าเมื่อใช้เปลือกโกโก้เป็นอาหารจะให้ประสิทธิภาพการผลิตในรูปค่าเปอร์เซ็นต์ของ การผลิตสุทธิมีค่าร้อยละ 71.99 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนไปทางสูง

1.3.2 <u>ใยอาหาร</u> (dietary fiber) เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนทุกชนิดและลิกนินในอาหาร ที่สามารถทนต่อการย่อยสลายของสารที่หลั่งจากทางเดินอาหารของมนุษย์ (Trowell, et al., 1976) ใยอาหารมีความหมายแตกต่างจากเยื่อใย (crude fiber) โดยที่เยื่อใยเป็นส่วนของพืชที่เหลือจากการย่อยด้วยกรดและด่าง ซึ่งจะมีปริมาณที่น้อยกว่าใยอาหาร 1.6 - 15.7 เท่า (Anon, 1979 ; Vetter, 1984)

ใยอาหารแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามความสามารถในการละลายน้ำ ได้แก่ ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสบางชนิด และลิกนิน และใยอาหารที่ละลายน้ำ ประกอบด้วย เพคติน กัม มิวซิเลจน์ และเฮมิเซลลูโลสบางชนิด (Schneeman, 1987)

1.3.3 <u>การประยุกต์ใช้ใยอาหารในอาหาร</u> จากการศึกษาบทบาทของใยอาหารต่อโภชนาการและสุขภาพของมนุษย์ พบว่าโรคต่าง ๆ ที่เกิดกับประชากรในซีกโลกตะวันตกหรือประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น โรคอ้วน ไส้ตั่งอักเสบ ริดสีดวงทวาร โรคมะเร็งลำไส้ใหญ่ โรคท้องผูก โรคหัวใจขาดเลือด โรคนิ่ว โรคเบาหวาน และคอเลสเตอรอลในเลือดสูงพบน้อยมากในประชากรของประเทศที่ด้อยพัฒนา มีการตั้งสมมุติฐานว่าความแตกต่างนี้เกิดขึ้น เนื่องจากอาหารที่รับประทานเป็นอาหารที่มีปริมาณใยอาหารสูงแต่ไขมันต่ำ (Anon, 1979 ; Reiser, 1984) นอกจากนี้ยังพบว่าใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำมีบทบาทสำคัญต่อระบบทางเดินอาหาร ในขณะที่ใยอาหารละลายน้ำมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของกลูโคสและลิปิด (Lee, et al., 1992)

Ink และ Hurt (1987) และ Reiser (1987) กล่าวถึงบทบาทของการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดว่า ใยอาหารจะดูดซึมคอเลสเตอรอล กรดน้ำดี และเกลือน้ำดีบางส่วน แล้วขับออกกับอุจจาระ ตับจึงต้องเพิ่มอัตราการสังเคราะห์กรดน้ำดีจากแหล่งต้นตอ

คือ คอเลสเตอรอล เพื่อให้ได้กรดน้ำดีมาใช้ ในการย่อยและดูดซึมไขมัน ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดจางลง หรือการหมักใยอาหาร โดยจุลินทรีย์จะได้ผลผลิตที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล แต่อย่างไรก็ตามในการบริโภคใยอาหารควรจะมีปริมาณที่พอเหมาะ ในอัตราวันละ 20 - 35 กรัม (Chang and Morris, 1990)

จากคุณสมบัติดังกล่าว จึงได้มีการนำใยอาหารมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ การใช้ใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ แบ่งได้ตามคุณสมบัติการละลายน้ำของใยอาหาร เช่น ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ มักใช้เติมในขนมปัง แฮมเบอร์เกอร์ คุกกี้ อาหารขบเคี้ยว เป็นต้น แหล่งใยอาหารที่นิยมใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ รำข้าวโอ๊ต รำข้าวเจ้า รำข้าวสาลี รำข้าวโพด ซึ่งมีปริมาณใยอาหารดังแสดงในตารางที่ 1.2 สำหรับใยอาหารที่ละลายน้ำมักใช้เติมในอาหารที่มีลักษณะเหลว เช่น เครื่องดื่มต่าง ๆ โยเกริต์ น้ำสลัด ไอศครีม (Grethlein, 1991)

ตารางที่ 1.2 ปริมาณใยอาหารที่มีในรำข้าวโอ๊ต รำข้าวเจ้า รำข้าวสาลี และรำข้าวโพด (ร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง)

แหล่งใยอาหาร	รำข้าวโอ๊ต[1]	รำข้าวเจ้า[2]	รำข้าวสาลี[3]	รำข้าวโพด[4]
ใยอาหารทั้งหมด	18.25	22.89	44.03	82.54
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	7.73	21.46	41.93	81.27
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	10.50	1.43	2.10	1.27

ที่มา : [1] = Lee และคณะ (1992)
[2] = Hudson และคณะ (1992)
[3] = Ranhotra และคณะ (1990)
[4] = Ning และคณะ (1991)

Pomeranz และคณะ (1977) ได้ศึกษาคุณภาพของขนมปังที่มีการทดแทนแป้งด้วยเซลลูโลส รำข้าวสาลี และเปลือกข้าวโอ๊ต พบว่า การทดแทนแป้งในปริมาณร้อยละ 5 ทำให้ปริมาตรของขนมปังลดลง มีความรู้สึกเป็นทรายโดยเฉพาะเมื่อเติมเปลือกข้าวโอ๊ต ในขณะที่เติมรำข้าวสาลีจะทำให้สีของขนมปังมีสีเข้มที่สุด ในขณะที่เติมเซลลูโลสจะให้ขนมปังมีสีเข้มน้อยกว่า Vratanina และ Zabik (1978) ได้ทดลองเติมรำข้าวสาลีสองพันธุ์ทดแทนแป้ง ในการทำ sugar snap cookies ในปริมาณร้อยละ 10, 20 และ 30 พบว่า เมื่อทดแทนแป้งด้วยรำข้าวสาลีในปริมาณสูงขึ้นจะทำให้การแผ่ขยาย ความกรอบ ค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองจะลดลง ในขณะที่ความนุ่มเพิ่มขึ้น และคุกกี้มีสีเข้มขึ้น และเมื่อทดแทนแป้งในระดับร้อยละ 10 และ 20 มีผลต่อลักษณะปรากฏที่ผิวหน้าและสีของคุกกี้ และเมื่อเติมในระดับร้อยละ 30 จะมีผลต่อกลิ่นรสของคุกกี้

Jasberg และคณะ (1989) ได้ศึกษาการใช้ใยอาหารจากฟางข้าวที่ผ่านการสกัดด้วยอัลคาไลน์ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตามวิธีของ Gould ทดแทนแป้งในเค้กช็อกโกแลต พบว่าสามารถทดแทนได้ถึงร้อยละ 40 โดยผู้บริโภคที่ได้รับฝึกฝนมาไม่พบความผิดปกติเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส ทั้งนี้ในการทำเค้กเสริมใยอาหารจะต้องเพิ่มน้ำในปริมาณมากกว่าชุดควบคุม ในขณะที่ Ranhotra และคณะ (1991) ได้เพิ่มใยอาหารในแป้งขนมทำขนมปัง และแป้งทำเพสตรีโดยการให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่ความดันสูง มีผลทำให้ใยอาหารในแป้งเพิ่มขึ้น 3 - 4 เท่า เนื่องจากความร้อนทำให้แป้งเปลี่ยนสภาพเป็น resistant starch ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายใยอาหาร เมื่อนำไปทดแทนแป้งในการทำคุกกี้ช็อกโกแลตชิมและคุกกี้ข้าวโอ๊ตใส่ลูกเกด พบว่าสามารถทดแทนได้ถึงร้อยละ 75 และ 50 ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับทั้งลักษณะปรากฏและคุณภาพอื่น ๆ

Claus และ Hunt (1991) พบว่าการเติมใยอาหารจากข้าวโอ๊ต ถั่วลิสง และหัวบีท ในปริมาณร้อยละ 3.5 สามารถช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไส้กรอกโบโลญ่าที่เติมน้ำแทนที่ไขมันซึ่งลดลงเหลือเพียงร้อยละ 10 จะช่วยลดความแฉะ และช่วยปรับปรุงสีของไส้กรอก แต่การสูญเสียน้ำหนักหลังการหุงต้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกที่ไม่ได้เติมใยอาหารดังกล่าว อดิศักดิ์ (2540) ศึกษาการใช้เจลแป้งบุก ทดแทนไขมันในไส้กรอกหมู 4 ระดับ คือ ร้อยละ 62, 64, 66 และ 68 โดยน้ำหนักไขมัน พบว่า ไส้กรอกหมูที่มีการทดแทนไขมัน

CENTRAL LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY

ร้อยละ 62 และ 64 โดยน้ำหนักไขมัน จะมีค่าสี ความแน่นเนื้อ ความชุ่มฉ่ำ การกระจายในปาก และความยืดเกาะตัว ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเทียบกับไส้กรอกที่ไม่มีการเติมเจลแป้งบุก แต่มีความแน่นเนื้อมากกว่าไส้กรอกหมูที่มีการเติมเจลแป้งบุกร้อยละ 66 และ 68 นอกจากนี้ไส้กรอกหมูที่เติมเจลแป้งบุกจะมีสีแดงเข้มกว่าไส้กรอกหมูที่ไม่มีการเติมเจลแป้งบุก แต่ปริมาณการเติมเจลแป้งบุก ไม่มีผลต่อค่าแรงตัดขาดของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมู

1.3.4 <u>เส้นใยของเปลือกโกโก้</u> เส้นใยเป็นสเคอเรนไคมา (Sclerenchyma) ประกอบด้วยเซลล์ที่ตายแล้ว มีลักษณะเรียว ปลายทั้งสองค่อนข้างแหลม ช่องว่างภายในเซลล์เกือบไม่มีหรือเล็กมาก เรียกว่า ลูเมน มีผนักเซลล์หนาเพราะมีลิกนินและเซลลูโลสสะสมอยู่มาก นอกจากนี้มีเซลล์หิน (selerecid) ซึ่งมีลักษณะคล้ายเส้นใย แต่เซลล์ไม่เหมือนเส้นใย คือ เซลล์จะมีขนาดสั้นกว่า กลมหรือเหลี่ยม หรือเป็นท่อสั้น ๆ หรือมีรูปร่างไม่แน่นอน มักจะอยู่เป็นกลุ่ม ๆ ประมาณ 2 - 100 เซลล์ พบมากตามส่วนแข็ง ๆ ของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามเปลือกของเมล็ดหรือผลไม้ เช่น กะลามะพร้าว (เชาว์, 2522)

เส้นใยประกอบด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่ เซลลูโลส ซึ่งเป็นส่วนที่ช่วยทำให้พืชแข็งแรง เซลลูโลสไม่ละลายในน้ำและในตัวทำละลายส่วนใหญ่ ทนต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์และด่าง แต่ไม่ทนต่อกรดเข้มข้น (Anon, 1989) เฮมิเซลลูโลสเป็นสารผนึกเซลล์เช่นเดียวกับเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสสามารถละลายได้ในสารละลายด่าง (Anon, 1989 ; Olson, et al., 1987) และลิกนิน เป็นสารประกอบพอลิเมอร์ของอะโรมาติกแอลกอฮอล์ ลิกนินทำหน้าที่เหมือนกับเป็นกาวหรือซีเมนต์ยึดเหนี่ยวให้เส้นใยและเซลล์อื่น ๆ จับตัวกัน ทำให้เอนไซม์เข้าไปย่อยได้ยากขึ้น (Kirk, et al., 1980) ลิกนินไม่ละลายน้ำทนต่อการย่อยของมนุษย์ สลายตัวและละลายออกจากเนื้อไม้ได้ในสารละลายกรดซัลไฟต์ หรือสารละลายด่างเข้มข้นที่อุณหภูมิสูง ๆ นอกจากนี้มีสารอื่น ๆ เช่น สารประกอบของเพคติน

ปัจจุบันบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากพลาสติก โดยเฉพาะโฟมเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เพราะมีน้ำหนักเบา แข็งแรง ไม่ดูดซึมน้ำและน้ำมันผิวเรียบ สีขาว ดูสะอาดและสวยงาม แต่โฟมได้ก่อให้เกิดปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อม เนื่องจากต้องใช้เวลานานในการย่อยสลายตามธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอนซึ่งเป็นสารที่ทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน ส่งผลให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ระบบนิเวศเสียสมดุล

บรรจุภัณฑ์ชนิดย่อยสลายตามธรรมชาติ (bio-degradat package) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากวัสดุธรรมชาติ อย่างเช่น วันทนี และคณะ (2517) ได้ทดลองใช้เยื่อกระดาษจากใบไมยราบ มาทำเป็นกระดาษโดยใช้เยื่อฟอกขาวร้อยละ 84 ดินขาว ร้อยละ 10 ชันสนร้อยละ 2 น้ำแป้งร้อยละ 1 และสารส้มร้อยละ 3 ที่พีเอช 4.5 - 5.0 กระดาษที่ได้มีคุณภาพดี สามารถใช้ทำเป็นถุงกระดาษใส่สิ่งของที่มีน้ำหนักเบาได้ Cessna (1992) ทดลองนำถาดอาหารที่ย่อยสลายได้จากการผสมระหว่างเส้นใยจากเยื่อไม้ร้อยละ 60 - 80 ไขสังเคราะห์ร้อยละ 20 - 40 ดินขาวร้อยละ 10 - 15 และชันสนร้อยละ 1 - 2 โดยนำมาทำเป็นแผ่นก่อน แล้วขึ้นรูปด้วยความร้อน ถาดที่ได้สามารถป้องกันการซึมของไขมันได้ระยะหนึ่ง Ruiz (1991) ได้ทดลองทำบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นถ้วยมีผนังและฐานหยักโค้งโดยรอบ คล้ายเปลือกหอยเชลล์เพื่อเสริมความแข็งแรง โดยใช้ส่วนผสมที่รับประทานได้ เช่น แป้ง Branch (1988) นำเมล็ดข้าวโพดที่ผ่านการต้มกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์มาบดให้มีลักษณะเป็นครีมปรับให้มีปริมาณน้ำร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก ใส่ในแม่พิมพ์ที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 280 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 1.5 - 2 นาที แล้วทอดในน้ำมันพืช เพื่อให้มีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 2 โดยน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงทน สามารถใส่อาหารที่เปียกและร้อนได้

Cunninghum และคณะ (1991, 1992) ได้ทดลองใช้แป้งข้าวโพดเป็นส่วนผสมในการทำโฟม โดยใช้แป้งข้าวโพดธรรมดาในอัตราส่วนร้อยละ 5, 10, 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักของโพลีอีเทอร์โพลีออล ซึ่งเป็นสารตัวหนึ่งในการทำโฟม ผสมกับสารไตรเอซิลีนไดเอมีน ไตรเอทานอลเอมีน ซิลิคอลโพลีอัลคิลีน โคพอลีเมอร์ ไดบิวทิลตินไดลายูเรท ฟลูออไร-ไตรคลอโรมีแทน โพลีเมอร์ริกไอโซไซยาเนต และน้ำ แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่า โฟมที่เติมด้วยแป้งข้าวโพดร้อยละ 10 จะให้ลักษณะและคุณสมบัติที่ดี รองลงมาคือโฟมที่เติมแป้งข้าวโพดร้อยละ 5 แต่เมื่อใช้แป้งข้าวโพดที่ผ่านการปรับปรุงคุณสมบัติด้วยกรดและมีการเคลือบไข มอลโตเดกซ์ทริน และคานารีเดกซ์ทริน ในอัตราร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของโพลีอีเทอร์โพลิออล พบว่าโฟมที่ผสมแป้งข้าวโพดชนิดเดกซ์ทริน และคานารีเดกซ์ทริน ในอัตราร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของโพลีอีเทอร์โพลิออล พบว่าโฟมที่ผสมแป้งข้าวโพดชนิดเดกซ์ทรินจะให้ผลใกล้เคียงกันชุดควบคุมมากที่สุด

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาวิธีเพิ่มประสิทธิภาพของตู้อบเมล็ดโกโก้และออกแบบตู้อบเมล็ดโกโก้ให้สามารถอบแห้งผลิตผลเกษตรอื่น ๆ พัฒนาเครื่องกวนผสม และเครื่องคัดขนาดเมล็ดโกโก้ ตลอดจนความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้ยังศึกษาถึงการใช้ประโยชน์ของผลพลอยได้ในรูปของอาหารและบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้

บทที่ 2

วิธีการดำเนินการวิจัย

(Malerials and Methods)

2.1 วัสดุ

1. ผลโกโก้ จากจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดสุราษฎร์ธานี
2. ผลกาแฟพันธุ์อะราบิก้า จาก อำเภอสิชล จ.นครศรีธรรมราช
3. มะพร้าว จากตลาดสดอำเภอหาดใหญ่
4. วัสดุเคมีต่าง ๆ
5. วัสดุก่อสร้างต่าง ๆ

2.2 อุปกรณ์

1. มาตรวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) รุ่น Mettler Delta 320
2. เครื่อง Spectrophotometer (U.V.) รุ่น Shimadzu UV 1201
3. ชุดหากรดระเหย
4. ชุดอ่านอุณหภูมิ
5. สมุดเทียบสี Munsell
6. Infrared moisture meter รุ่น Mettler Delta HG 53
7. เครื่องวัดความเร็วลม รุ่น Luton AM - 4201
8. กล่องหมักโกโก้

2.3 วิธีการทดลอง

1. การพัฒนาแบบเตาให้พลังงานความร้อนและการทดสอบประสิทธิภาพของเตาในระดับห้องปฏิบัติการ

1.1 เตาให้พลังงานความร้อน ได้ออกแบบเตาให้พลังงานความร้อน 3 แบบ ดังนี้

(ก) แบบที่ 1 ลักษณะเตาให้พลังงานความร้อนจะเป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างควันร้อนและอากาศเย็นที่เป็นแบบการไหลแบบตั้งฉากกัน อากาศเย็นจะไหลภายในกลุ่มท่อเหล็ก ซึ่งเป็นส่วนอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ควันร้อนจะไหลผ่านผิวนอกท่อเหล็ก ความร้อนจะถ่ายโอนแก่ท่อเหล็ก และท่อเหล็กจะถ่ายเทความร้อนแก่อากาศเย็นที่ไหลผ่านผิวท่อทำให้อากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น ลักษณะของเตาได้แสดงดังรูปที่ 2.1

อากาศเย็นจะไหลเข้าตำแหน่งที่ (1) หรือ (2) ซึ่งจะมีการทดสอบทั้งสองแบบ ถ้าให้อากาศเย็นไหลเข้า (1) พัดลมสำหรับดูดอากาศร้อนที่ออกจากเตาจะติดตั้งที่ตำแหน่งที่ (2) การทำงานของระบบอากาศเย็นจะไหลผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (3) ใต้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะมีเตา (4) ใช้สำหรับเผาไหม้ไม้ยางพารา เพื่อให้ความร้อนแก่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนหลังจากถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศเย็นแล้ว ควันร้อนที่เกิดขึ้นจะปล่อยออกทางปล่องไฟ (5) ดังรูปที่ 2.2

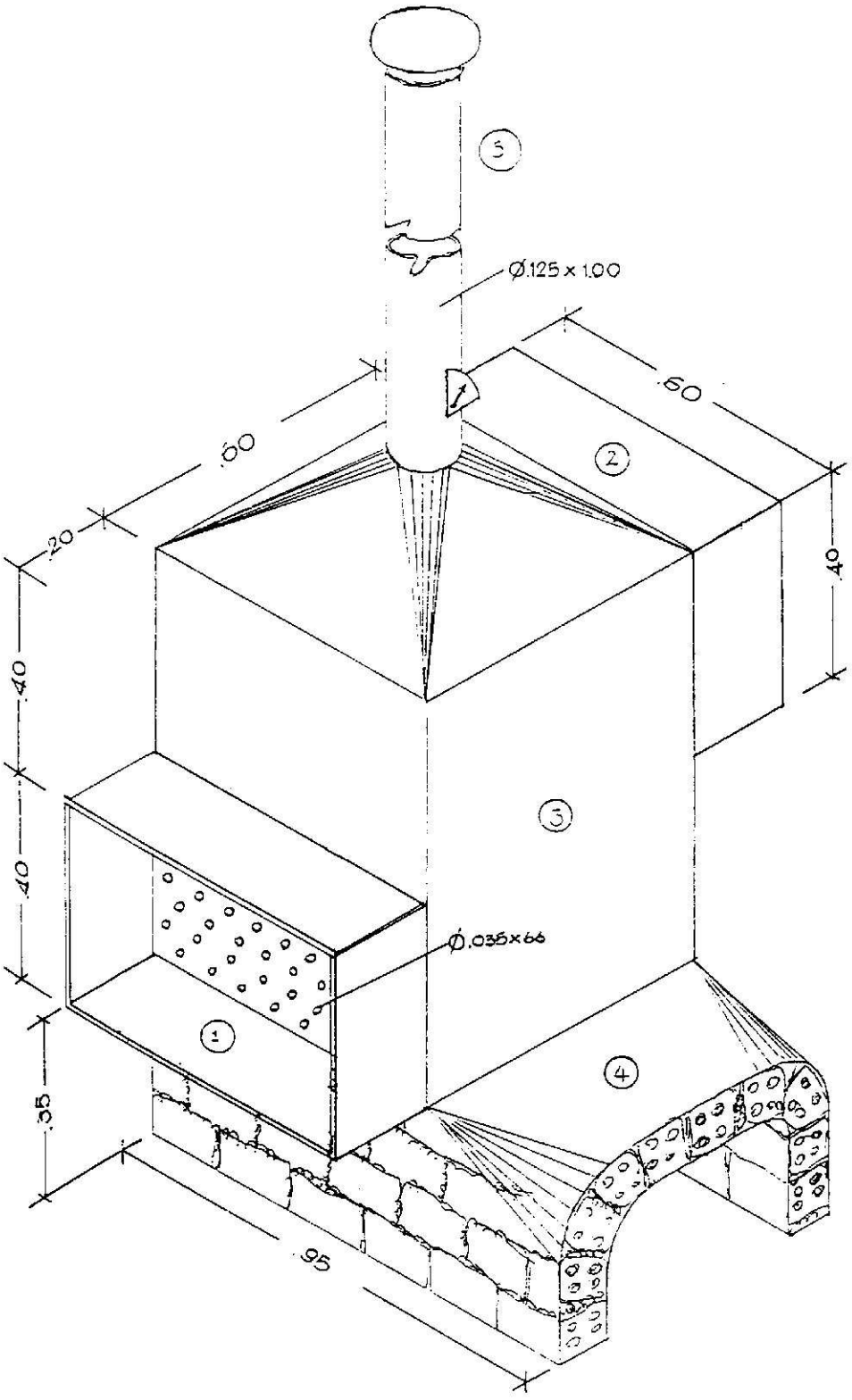
ชุดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนประกอบด้วยท่อเหล็กขนาด 1 นิ้ว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 3.34 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.66 เซนติเมตร จำนวนทั้งหมด 67 ท่อ วางแบบสลับ โดยมีระยะห่างระหว่างท่อเท่ากับ 7 เซนติเมตร

นอกจากนี้ เตาให้พลังงานความร้อน แบบที่ 1 ยังได้มีการดัดแปลงเพื่อการทดสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

ก. ติดวาล์วผีเสื้อไว้ที่ปล่องไฟ เพื่อควบคุมปริมาณควันร้อนที่ออกจากปล่องไฟ

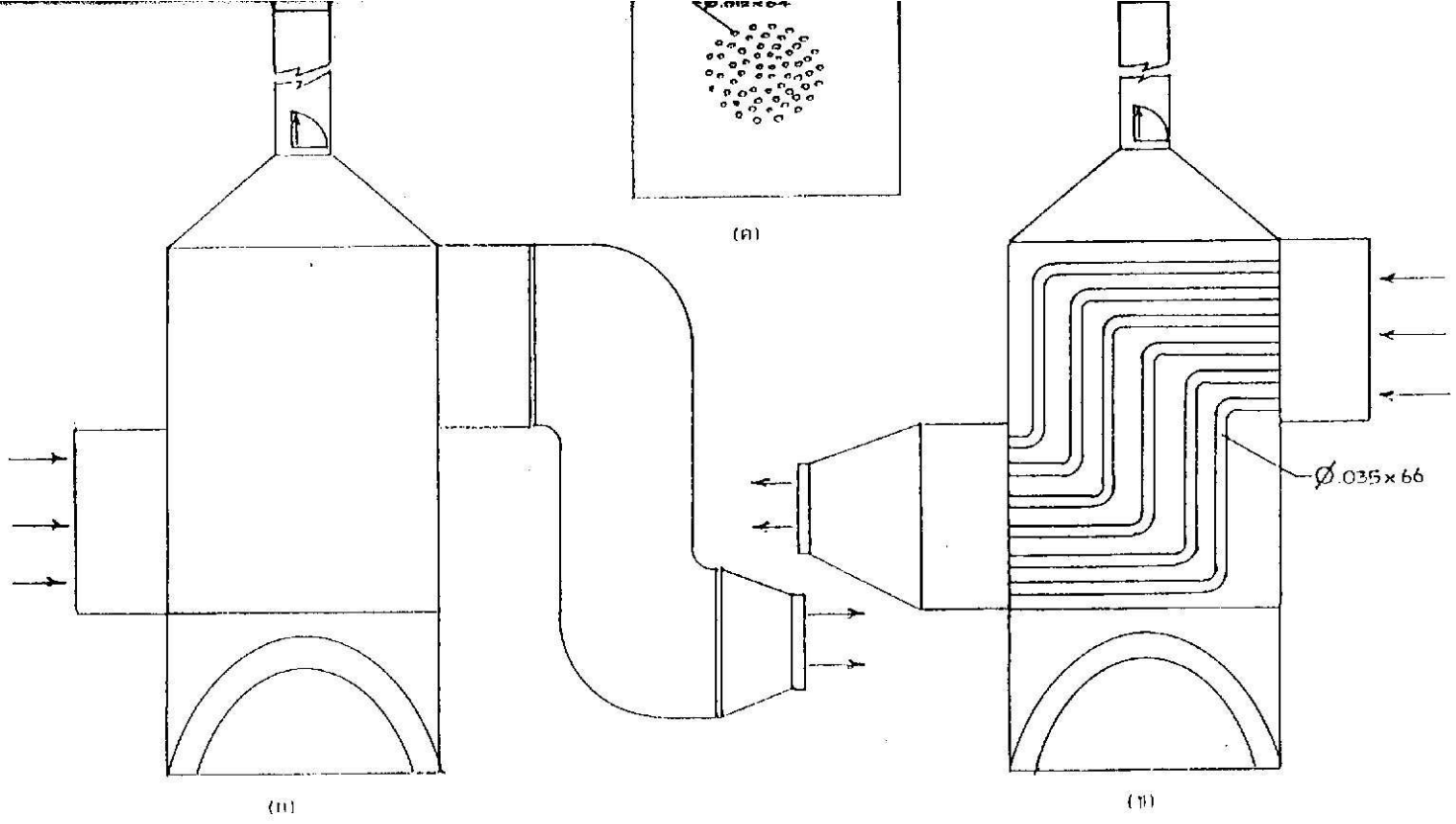
ข. ติดแผ่นเหล็กเจาะรู โดยให้พื้นที่ ร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมดวางรองใต้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และมีการควบคุมปริมาณควันร้อนด้วยวาล์วผีเสื้อที่ติดไว้ที่ปล่องไฟด้วย

(ข) แบบที่ 2 ลักษณะเตาให้พลังงานความร้อนแบบนี้ ได้แสดงดังรูปที่ 2.3 ตัวเตาประกอบด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจำนวน 2 ชุด อากาศเย็นจะไหลผ่านเข้าตำแหน่งที่ (1) โดยอาศัยแรงลมที่ดูดจากพัดลมที่ติดตั้งที่ปากทางออก (7) อากาศเย็นจะไหลเข้าในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2 ที่ติดตั้งที่ (2) อากาศเย็นจะได้รับความร้อนที่ถ่ายโอนจากควันร้อนที่ให้แก่ผิวท่อของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากผิวท่อของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจากผิวท่อจะถ่ายโอนให้แก่อากาศเย็นอีกครั้งให้อากาศร้อนขึ้นส่วนควันร้อนที่สูญเสียความร้อนจะปล่อยออกไปบริเวณปล่องไฟ (8) อากาศที่ร้อนขึ้นจากอุปกรณ์



1. อากาศเข้า
2. อากาศออก
3. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน
4. ตัวเตาสำหรับเผาไหม้ไม้ยางพารา
5. ปล่องไฟ

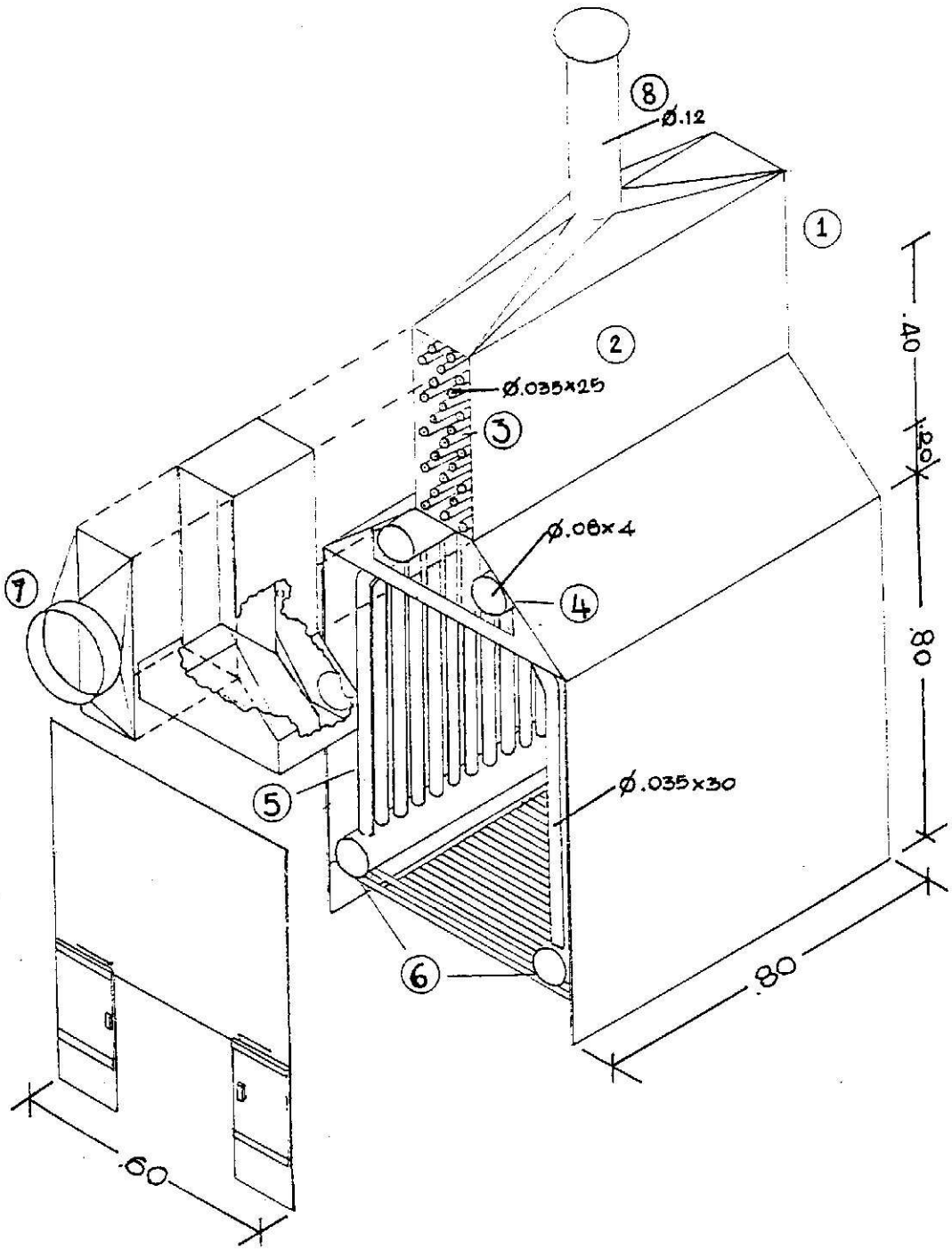
รูปที่ 2.1 เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 1



รูปที่ 2.2 รูปแสดงทิศทางการไหลของอากาศเย็นในการทดสอบเตาแบบที่ 1

(ก) อากาศเย็นเข้าด้านล่าง (ข) อากาศเย็นเข้าด้านบน

(ค) แผ่นเหล็กเจาะรูโดยให้มีพื้นที่รูเป็นร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมด



1. อากาศเข้า
2. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2
3. อากาศร้อนออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2
4. ท่อรวมอากาศร้อนที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2
5. ท่อด้านข้างเตาที่เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ที่ 1
6. ท่อรวมอากาศร้อนที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1
7. อากาศร้อนออก
8. ปล่องไฟ

รูปที่ 2.3 เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2

แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2 จะออกที่ (3) และถูกดูดผ่านท่อรวมตำแหน่งที่ (4) และไหลตามท่อที่ติดอยู่ด้านข้างของเตา (5) อากาศขณะที่ไหลในท่อจะได้รับความร้อนจากการเผาไหม้ไม้ยางพารา ทำให้อุณหภูมิร้อนยิ่งขึ้นและจะไหลไปรวมกันในท่อรวม (6) อากาศที่ร้อนขึ้นจะถูกดูดออกโดยพัดลมที่ติดตั้ง (7) เพื่อนำเข้าสู่ตู้อบ

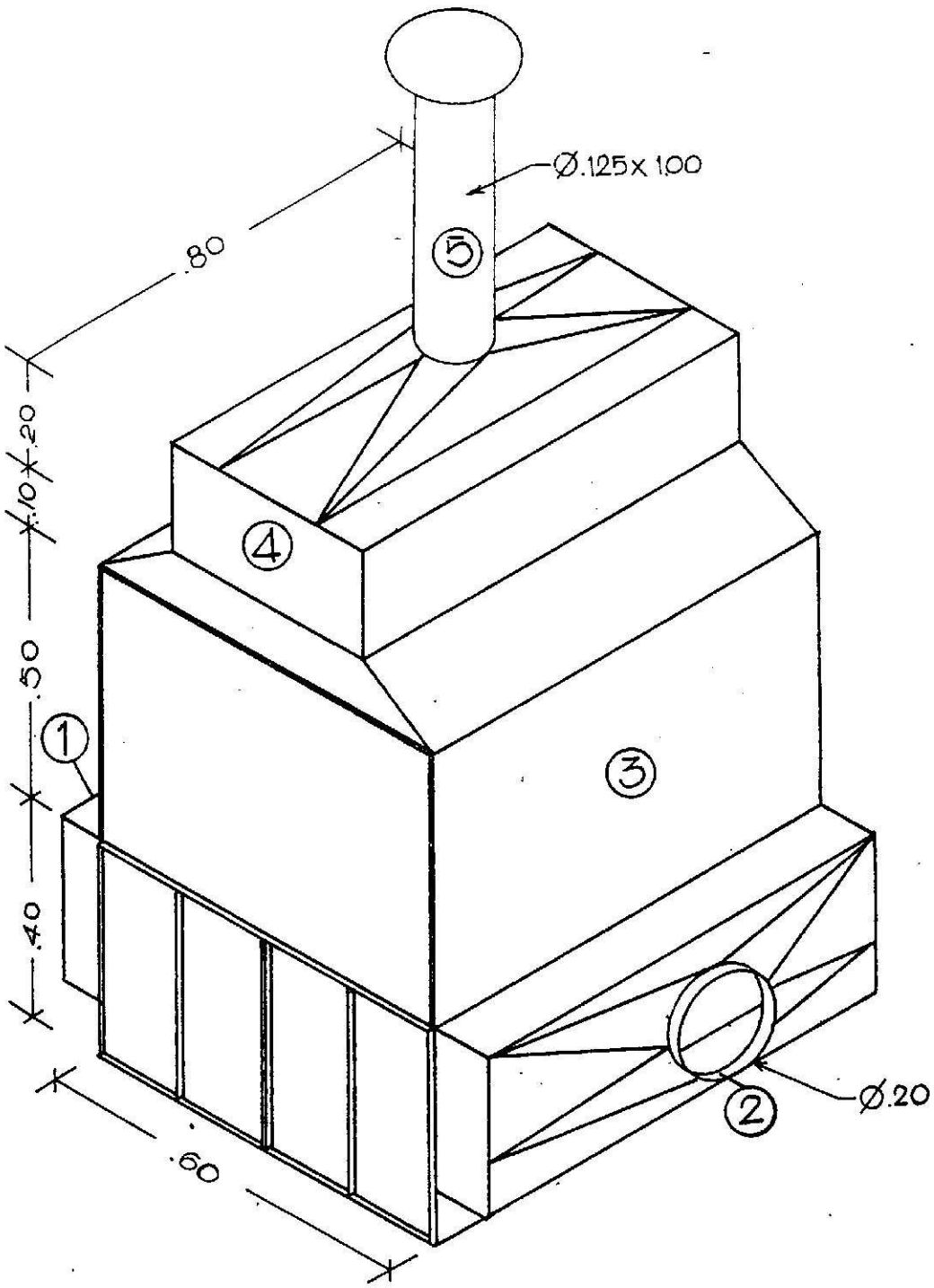
อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีอยู่ 2 ชุด โดยมีลักษณะอุปกรณ์ดังนี้

(ก) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1 ประกอบด้วยท่อเหล็กขนาด 1 นิ้ว มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 3.34 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.66 เซนติเมตร วางเรียงกันข้างผนังเตาทั้งสองด้าน โดยแต่ละด้านจะมีท่อจำนวนทั้งหมด 15 ท่อ ระยะห่างระหว่างท่อ 2.50 เซนติเมตร มีท่อรวมอากาศร้อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ติดตั้งบริเวณด้านบนและด้านล่างจำนวนทั้งหมด 4 ท่อ

(ข) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2 ประกอบด้วยท่อเหล็กขนาด 1 นิ้ว มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 3.34 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายในเท่ากับ 2.66 เซนติเมตร วางเรียงสลับกัน โดยมีระยะห่างระหว่างท่อ 2.50 เซนติเมตร จำนวน 25 ท่อ

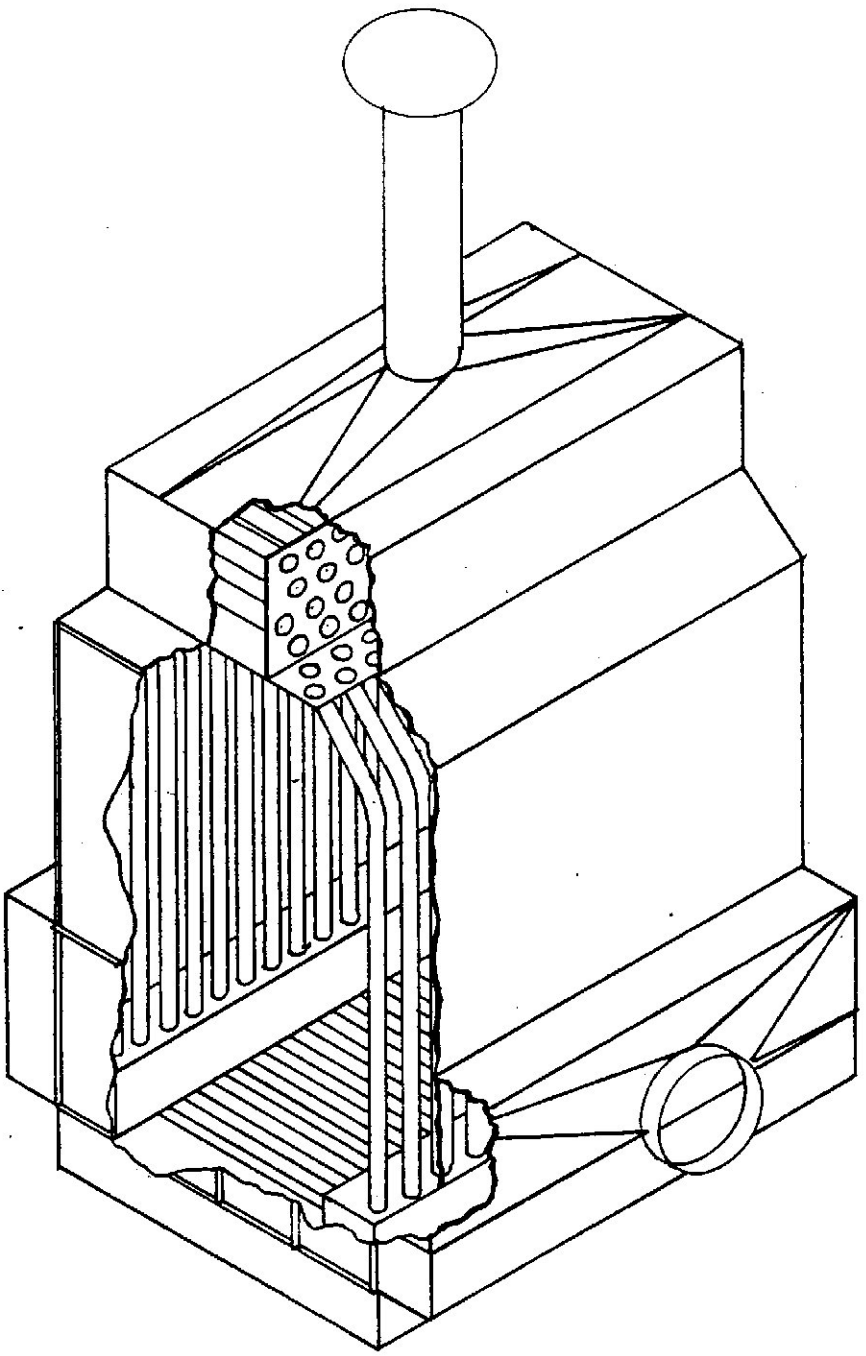
(ค) แบบที่ 3 เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3 นี้ ตัวเตาจะประกอบด้วยอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน 3 ชุด อากาศเย็นจะไหลผ่านเข้าตำแหน่งที่ (1) โดยอาศัยแรงลมที่ดูดจากพัดลมที่ติดตั้งที่ปากทางออก (2) อากาศเย็นจะไหลเข้าไปในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1 ซึ่งติดตั้งที่ (3) อากาศเย็นจะได้รับความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสีของการเผาไหม้ไม้ยางพาราที่ให้แก่ผิวท่อของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดไว้ข้างเตา ความร้อนจากผิวท่อจะถ่ายโอนให้แก่อากาศเย็นอีกครั้งทำให้อากาศร้อนขึ้น ส่วนควันร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกนำมาผ่านอุปกรณ์ความร้อนชุดที่ 2 (4) เพื่อให้ความร้อนแก่อากาศร้อนที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1 ก่อนควันร้อนจะปล่อยออกไปปล่องไฟ (5) อากาศที่ร้อนขึ้นจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2 จะผ่านไปอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 3 ที่ติดอยู่ผนังเตาอีกด้านหนึ่งของ (3) และอากาศที่ร้อนขึ้นนี้จะถูกดูดโดยพัดลมที่ติดตั้งที่ (2) เพื่อส่งเข้าตู้อบ ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนมีทั้งหมด 3 ชุด โดยชุดที่ 1 และชุดที่ 3 ประกอบด้วยท่อเหล็กขนาด 1 นิ้ว มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 3.34 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง ภายใน 2.66 เซนติเมตร วางเรียงกันข้างผนังเตาทั้ง 2 ด้าน แต่ละด้านจะมีท่อ



1. อากาศเข้า
2. อากาศออก
3. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1 และ ที่ 3
4. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2
5. ปล่องไฟ

รูปที่ 2.4 เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3



รูปที่ 2.5 แสดงโครงสร้างภายในของเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3

จำนวนทั้งหมด 14 ท่อ ระยะห่างระหว่างท่อ 2.50 เซนติเมตร และมีความยาวท่อแต่ละท่อยาว 97 เซนติเมตร

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2 ประกอบด้วยท่อเหล็กขนาด 1 นิ้ว มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 3.34 เซนติเมตร และมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน เท่ากับ 2.66 เซนติเมตร เรียงสลับกันโดยมีระยะห่างระหว่างท่อ 2.50 เซนติเมตร จำนวน 20 ท่อ โดยแต่ละท่อยาว 20 เซนติเมตร

1.2 การทดสอบประสิทธิภาพเตาให้พลังงานความร้อน

(ก) แบบที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพเตาแบบที่ 1 แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

(ก.1) การทดสอบประสิทธิภาพ กรณีที่ไม่มีการดัดแปลงตัวเตา

(ก.2) การทดสอบประสิทธิภาพ กรณีที่มีการดัดแปลงตัวเตา แบ่งเป็น 2 ชนิดดังนี้

(ก.2.1) ติดวาล์วผีเสื้อไว้ที่ปล่องไฟ เพื่อควบคุมปริมาณควันร้อนที่ออกจากปล่องไฟ โดยเปิดวาล์วที่ 45 องศา

(ก.2.2) ติดแผ่นเหล็กเจาะรู โดยให้มีพื้นที่รูเป็นร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมดวางรองใต้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และควบคุมปริมาณควันร้อนด้วยวาล์วผีเสื้อที่ติดไว้ที่ปล่องไฟ โดยเปิดวาล์วที่ 45 องศา

(ก.2.3) ติดแผ่นเหล็กเจาะรู โดยให้มีพื้นที่รูเป็นร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมด และควบคุมปริมาณควันร้อนด้วยวาล์วผีเสื้อติดไว้ที่ปล่องไฟโดยเปิดวาล์วที่ 90 องศา

วิธีการทดสอบโดยควบคุมอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้อยู่ในช่วง 65 - 70 องศาเซลเซียส และในช่วง 75 - 80 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบเป็นเวลา 5 ชั่วโมง 30 นาที โดยบันทึกข้อมูลทุก ๆ 15 นาที ข้อมูลที่บันทึกมีดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิอากาศเย็นเข้า (Ti)
2. อุณหภูมิอากาศร้อนออก (To)
3. อุณหภูมิของควันร้อนในเตา (Ths)

4. อุณหภูมิของควันร้อนออก (Tho)
5. อุณหภูมิของกระเปาะเปียก (Twb)
6. ความเร็วของอากาศร้อนออก (Va)

การทดสอบจะมีการสลับอากาศเย็นเข้าล่าง (2) ออกบน (1) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับกรณีที่อากาศเย็นเข้าบน (1) ออกล่าง (2) โดยบันทึกปริมาณไม้ยางพาราที่ใช้

(ข) แบบที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพของเตาให้พลังงานความร้อน แบบที่ 2 แบ่งออกเป็น 4 แบบ ดังนี้

(ข.1) กรณีไม่มีการดัดแปลง ดังรูปที่ 2.3

(ข.2) กรณีที่มีการดัดแปลง ให้อากาศเย็นเข้าด้านล่างของเตา ดังรูปที่ 2.6

(ข.3) กรณีดัดแปลง ให้อากาศเย็นผ่านเฉพาะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2 ดังรูปที่ 2.7

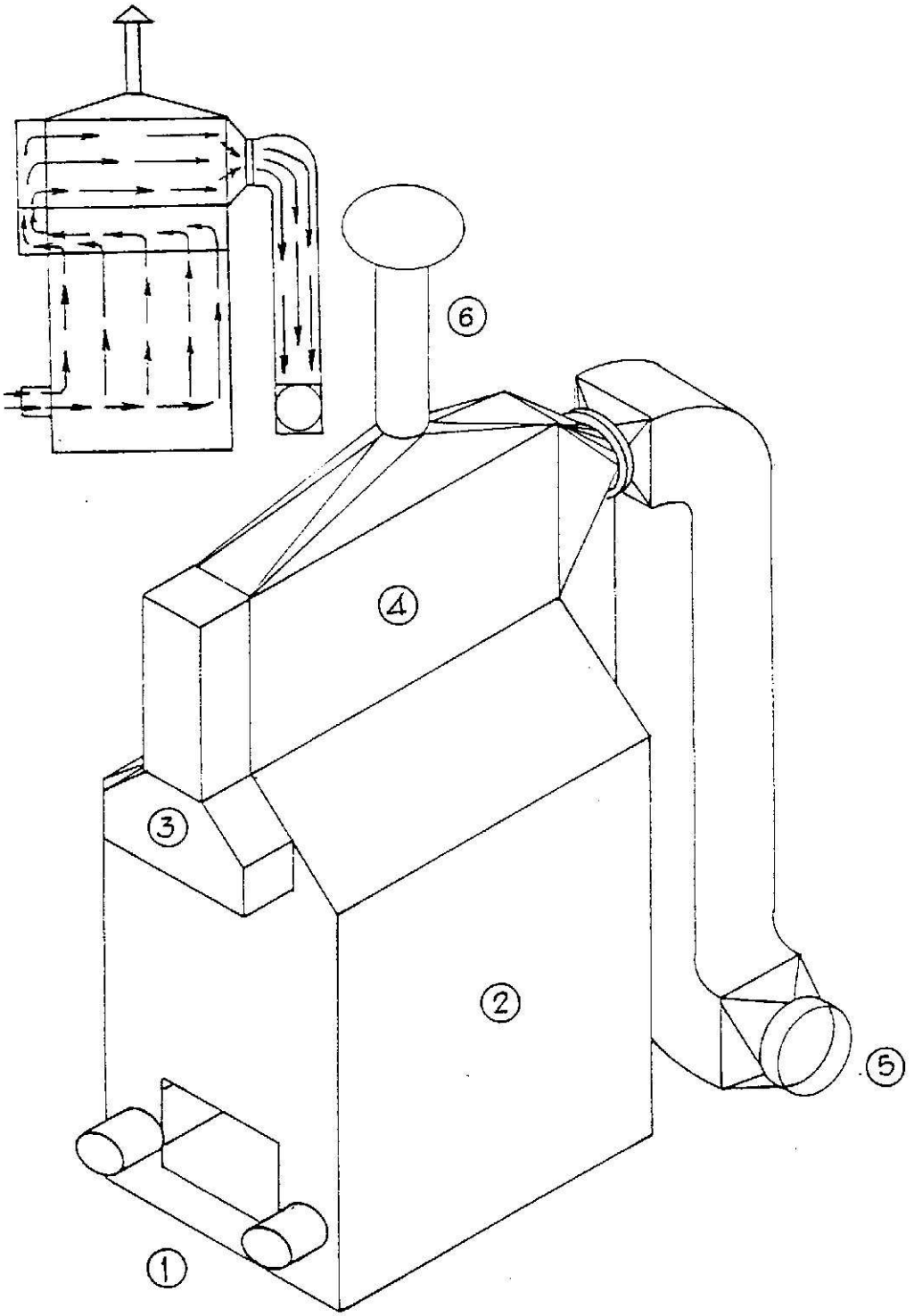
(ข.4) กรณีดัดแปลงให้อากาศเย็นผ่านเฉพาะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1 ดังรูปที่ 2.8

การทดสอบประสิทธิภาพของเตาให้พลังงานความร้อน โดยการควบคุมอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนให้อยู่ในช่วง 65 - 70 องศาเซลเซียส และในช่วง 75 - 80 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบเป็นเวลา 5 ชั่วโมง 30 นาที โดยบันทึกข้อมูลต่าง ๆ เหมือนกับการทดสอบประสิทธิภาพของเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 1

(ค) แบบที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพของเตา ให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3 โดยควบคุมอุณหภูมิที่ออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ระยะเวลาการทดสอบและการบันทึกข้อมูลปฏิบัติเช่นเดียวกับการทดสอบประสิทธิภาพของเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 1

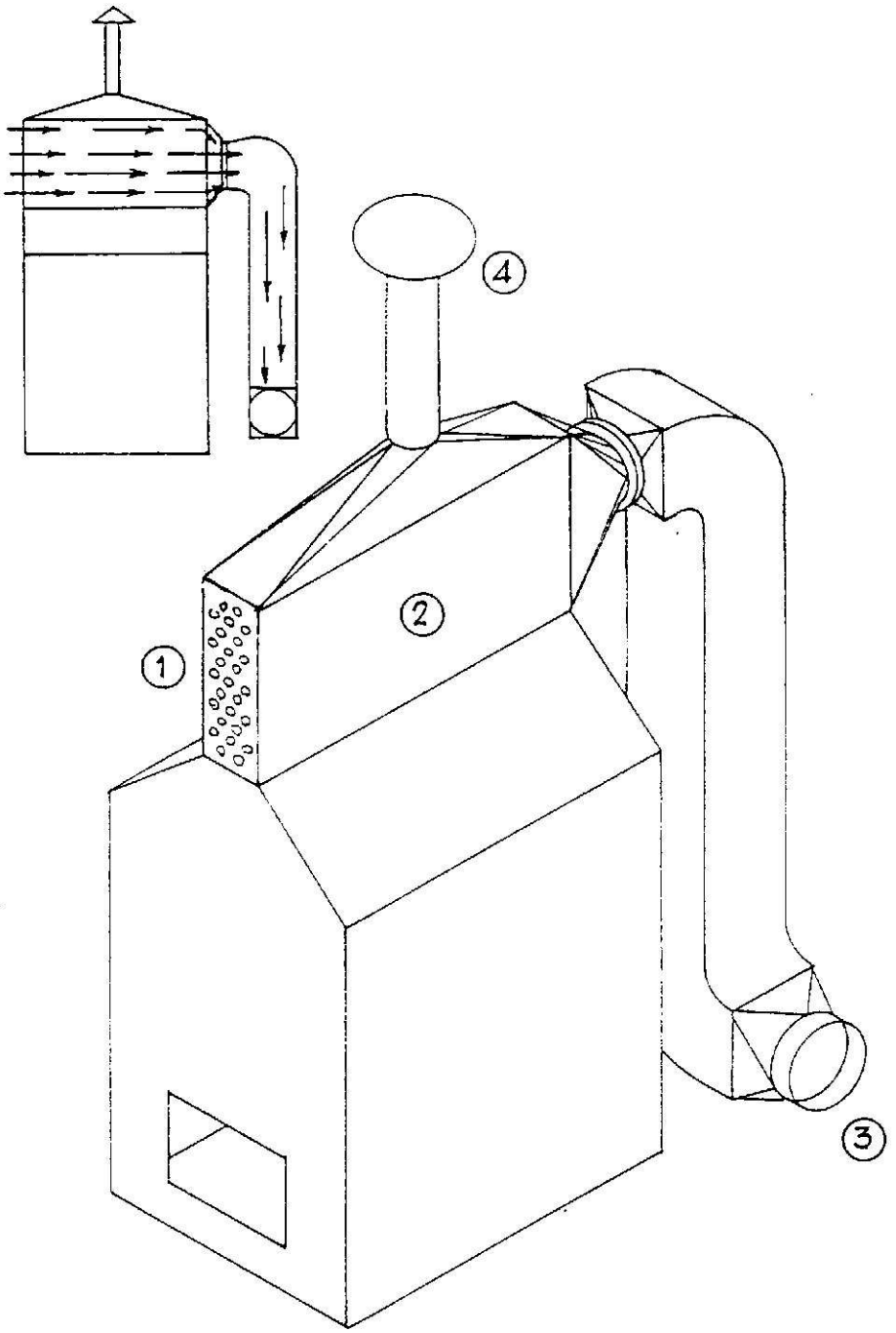
2. การพัฒนารูปแบบของตู้อบและเครื่องกวนผสมระดับห้องปฏิบัติการ

2.1 การพัฒนาตู้อบลมร้อนแบบชั้นบาง เนื่องจากการอบแห้งเมล็ดโกโก้จำนวนมากจะต้องมีการกวนผสมทำให้เสียเวลาและต้องการบุคลากรประจำ จึงได้มีแนวความ



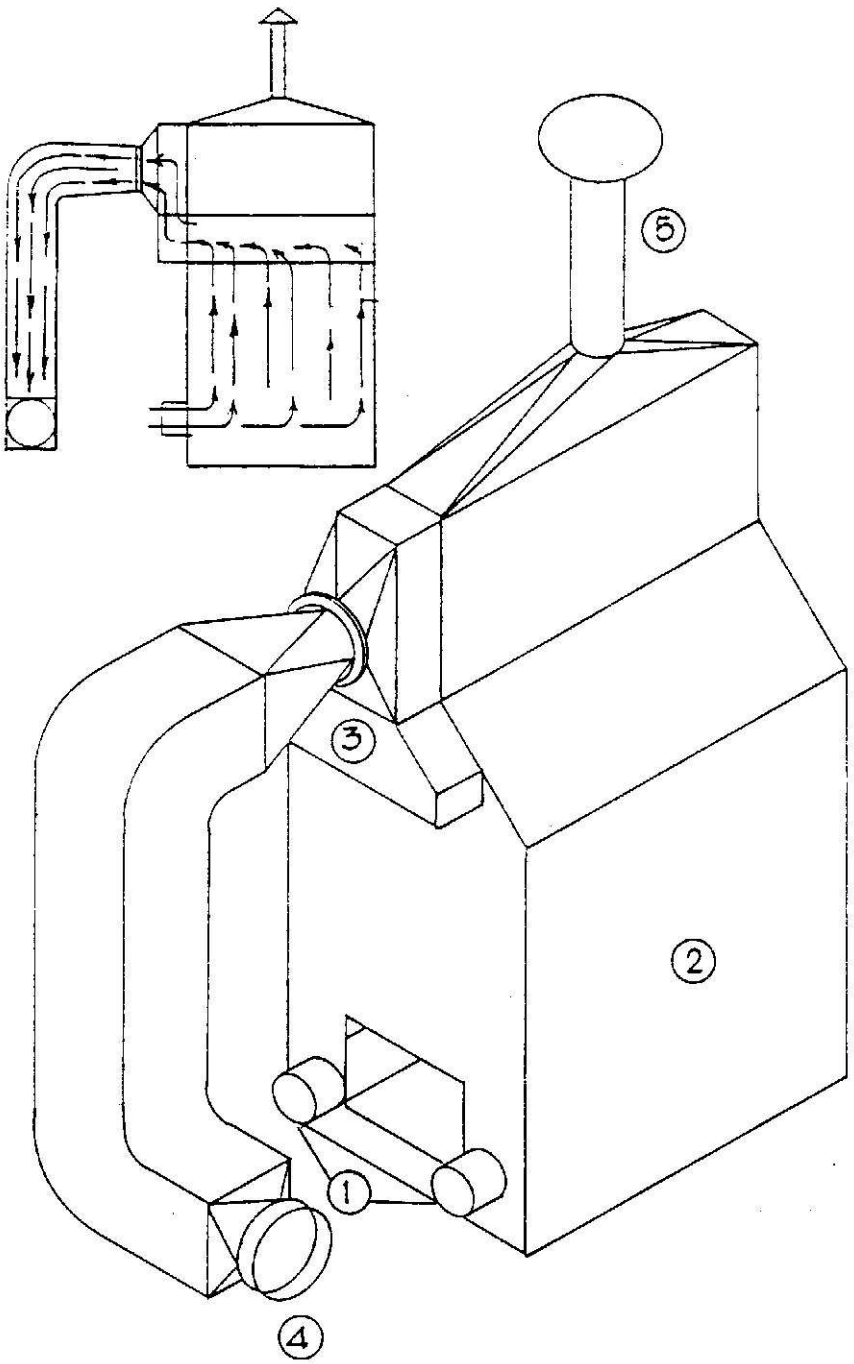
1. อากาศเข้า
2. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1
3. ท่อรวมอากาศร้อนที่ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1
4. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2
5. อากาศร้อนออก
6. ปล่องไฟ

รูปที่ 2.6 เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2 ดัดแปลงให้อากาศเย็นเข้าด้านล่างของเตา



1. อากาศเข้า
2. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2
3. อากาศร้อนออก
4. ปล่องไฟ

รูปที่ 2.7 เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2 ดัดแปลงให้อากาศเย็นผ่านเฉพาะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2



1. อากาศเข้า
2. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1
3. อากาศร้อนออกจากอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1
4. อากาศร้อนออก
5. ปล่องไฟ

รูปที่ 2.8 เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2 ดัดแปลงให้อากาศเย็นผ่านเฉพาะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1

คิดที่จะทำการอบแห้งแบบชั้นบางโดยไม่ต้องกวนขึ้น การพัฒนาตู้อบลมร้อนแบบชั้นบางมีหลักการออกแบบดังนี้

1. ตู้อบสามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ โดยตรงได้อย่างเต็มที่ โดยมีพื้นที่รับแสงแดดทั้งช่วงเช้า เที่ยง และบ่าย แสงแดดสามารถผ่านเข้าไปกระทบกับโครงสร้างที่ดูดกลืนแสงภายในโดยตรงสามารถใช้พลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มที่

2. เมื่อสภาวะอากาศไม่เอื้อต่อการใช้แสงแดด ตู้อบแห้งก็สามารถเปลี่ยนไปใช้ลมร้อนที่ได้จากทางกล

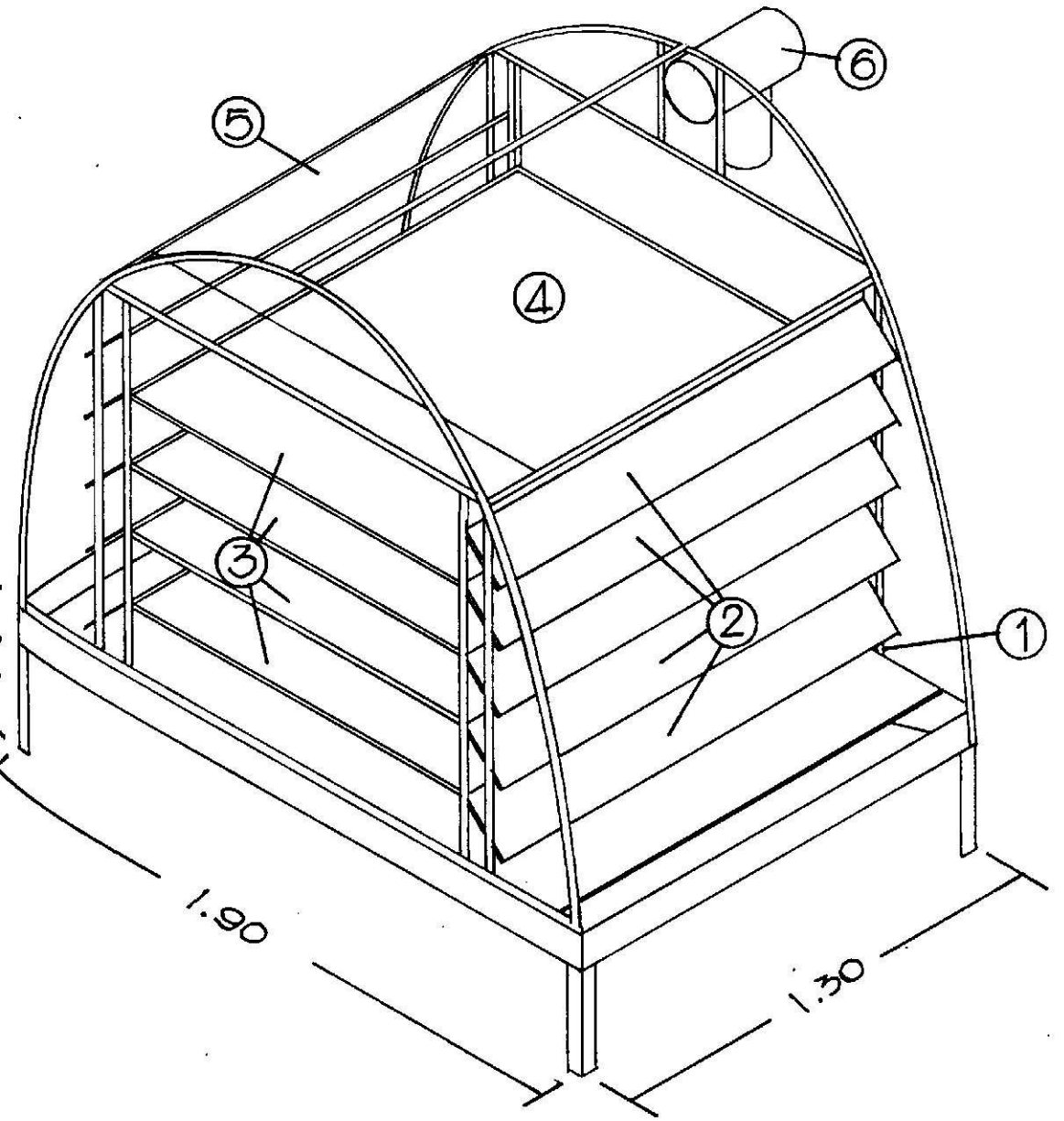
3. โครงสร้างภายนอกของตู้อบสามารถป้องกัน ฝน ฝุ่น และแมลงไม่ให้เข้าไปทำลายอาหารในช่วงที่พักการอบได้

4. มีความยืดหยุ่นสูง สามารถปรับลักษณะการไหลเวียนของอากาศโดยการปรับบานพับปีกผีเสื้อทางด้านซ้ายและขวาของตู้อบ และยังสามารถปรับลิ้นที่อยู่ใต้ถาดล่างสุด

5. ไม่มีการกวน หรือกลับวัตถุที่กำลังอยู่ในระหว่างการอบแห้งตลอดระยะเวลาของการอบแห้งตลอดระยะเวลาของการอบแห้ง ง่ายต่อการควบคุมและทำให้ค่าใช้จ่ายในการสร้างตู้ต่ำ เพราะไม่มีความจำเป็นใด ๆ ที่จะสร้างกลไกสำหรับกวนหรือพลิกกลับเมล็ดโกโก้

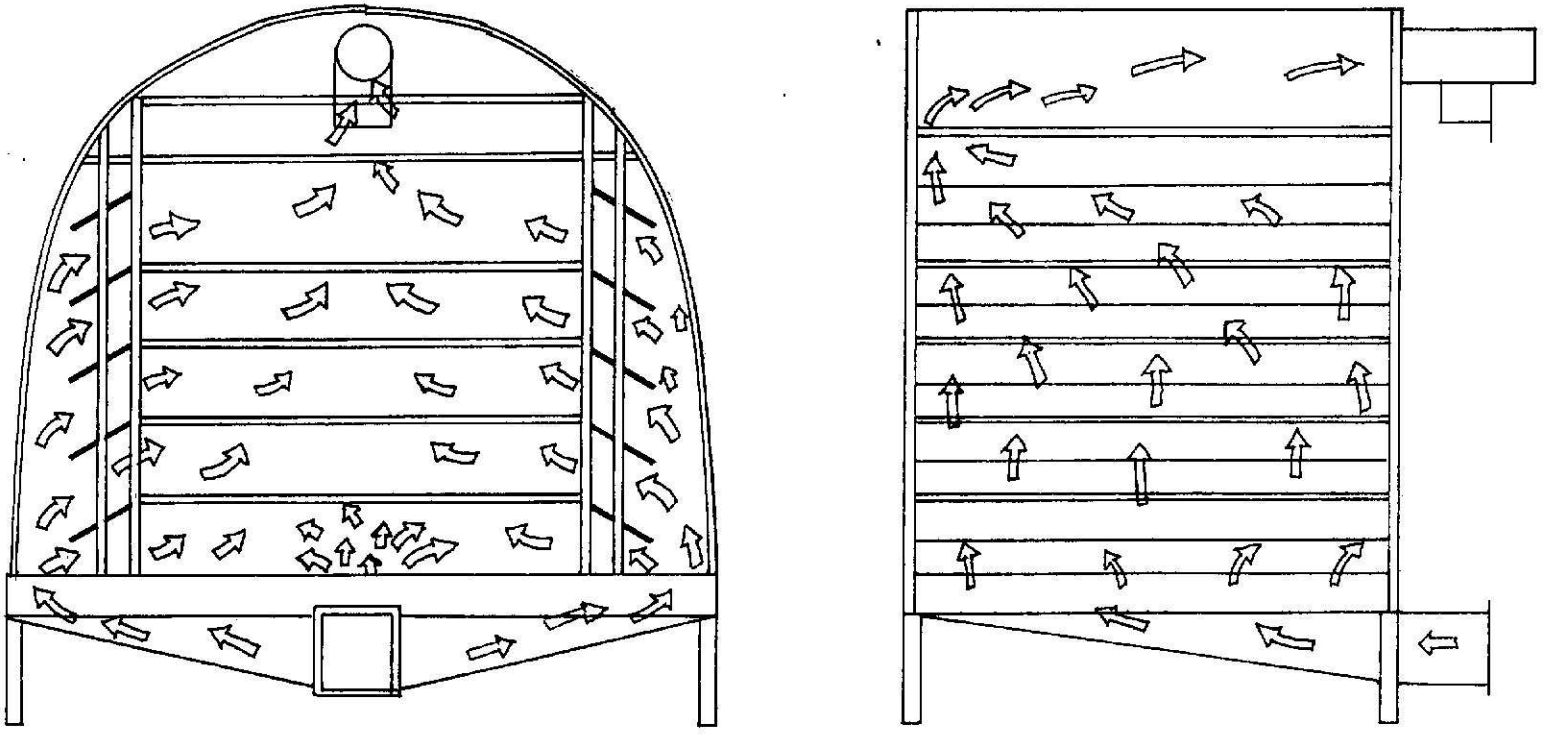
6. การกระจายอากาศ อากาศจะไหลผ่านชั้นของเมล็ดโกโก้อย่างช้า ๆ เพื่อให้มีเวลาสัมผัสกับอาหารอย่างเพียงพอ ลักษณะการผสมของอากาศเป็นไปอย่างช้า ๆ (ความเร็วต่ำ) โดยการพาและการแพร่อากาศร้อน เข้าสู่แต่ละถาดได้ 3 ทาง คือ เข้าทางซ้าย และทางขวาของตู้อบ หรือผ่านทะลุ ถาดมาจากชั้นล่าง อากาศออกจากตู้อบของแต่ละถาดได้สองทาง คือ ทางแรกจะทะลุผ่านสู่ถาดที่อยู่เหนือตู้อบ ทางที่สองคืออากาศไหลออกทางด้านหน้าตู้อบ ซึ่งมีช่องว่างที่จะให้อากาศไหลออกสู่ปล่องด้านบน แล้วออกสู่บรรยากาศ หรืออาจจะมีการนำอากาศส่วนนี้กลับมาใช้อีกบางส่วน ดังรูปที่ 2.9 และ 2.10

ทำการทดสอบตู้อบ ที่ได้ออกแบบโดยทำการอบเมล็ดโกโก้จำนวน 6 ครั้ง ๆ ละ 60 กิโลกรัม สี่ครั้งแรกให้อากาศร้อนสามารถเข้าสู่ตู้อบได้สองทางคือ ทางด้านซ้ายและทางด้านขวา โดยบานพับปีกผีเสื้อเปิดออกประมาณ 40 องศาเซลเซียส ทุกบาน ครั้งที่ 5 และ 6 นั้น ได้เปิดให้ลมเข้าทางด้านใต้ของถาดที่หนึ่งเพิ่มอีกหนึ่งทาง โดยครั้งที่ 5 ลิ้นที่ทางเข้าเปิดเต็มที่เพื่อให้ลมร้อนเข้าได้เต็มที่ ในขณะที่ครั้งที่ 6 ลิ้นที่ทางเข้าเปิดเพียงครึ่งเดียว และทำการศึกษาบันทึกข้อมูล



1. ช่องอากาศเข้า
2. บานพับปีกผีเสื้อปรับการกระจายของลม
3. ถาดวางวัตถุดิบ
4. แผ่นพลาสติกใสใช้ปรับทิศทางการไหลของอากาศออก
5. ผนังพลาสติกใส
6. ทางอากาศออก

รูปที่ 2.9 แสดงการออกแบบของตู้อบลมร้อนแบบชั้นบาง



รูปที่ 2.10 ทิศทางการไหลของลมร้อน

(ก) การกระจายของอุณหภูมิภายในตู้ โดยใช้เทอร์โมคัพเปิลวัดอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ดังนี้

T_1 = อุณหภูมิของลมเย็นเข้าทางปากท่อก่อนเข้าสู่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

T_2 = อุณหภูมิลมร้อนที่ออกจากพัดลม (blower)

T_3 = อุณหภูมิใต้ถาดที่ 1 ซึ่งเป็นที่ลมร้อนเข้าสู่ตู้อบ

T_4 = อุณหภูมิของอากาศเหนือถาดที่ 1

T_5 = อุณหภูมิของอากาศเหนือถาดที่ 2

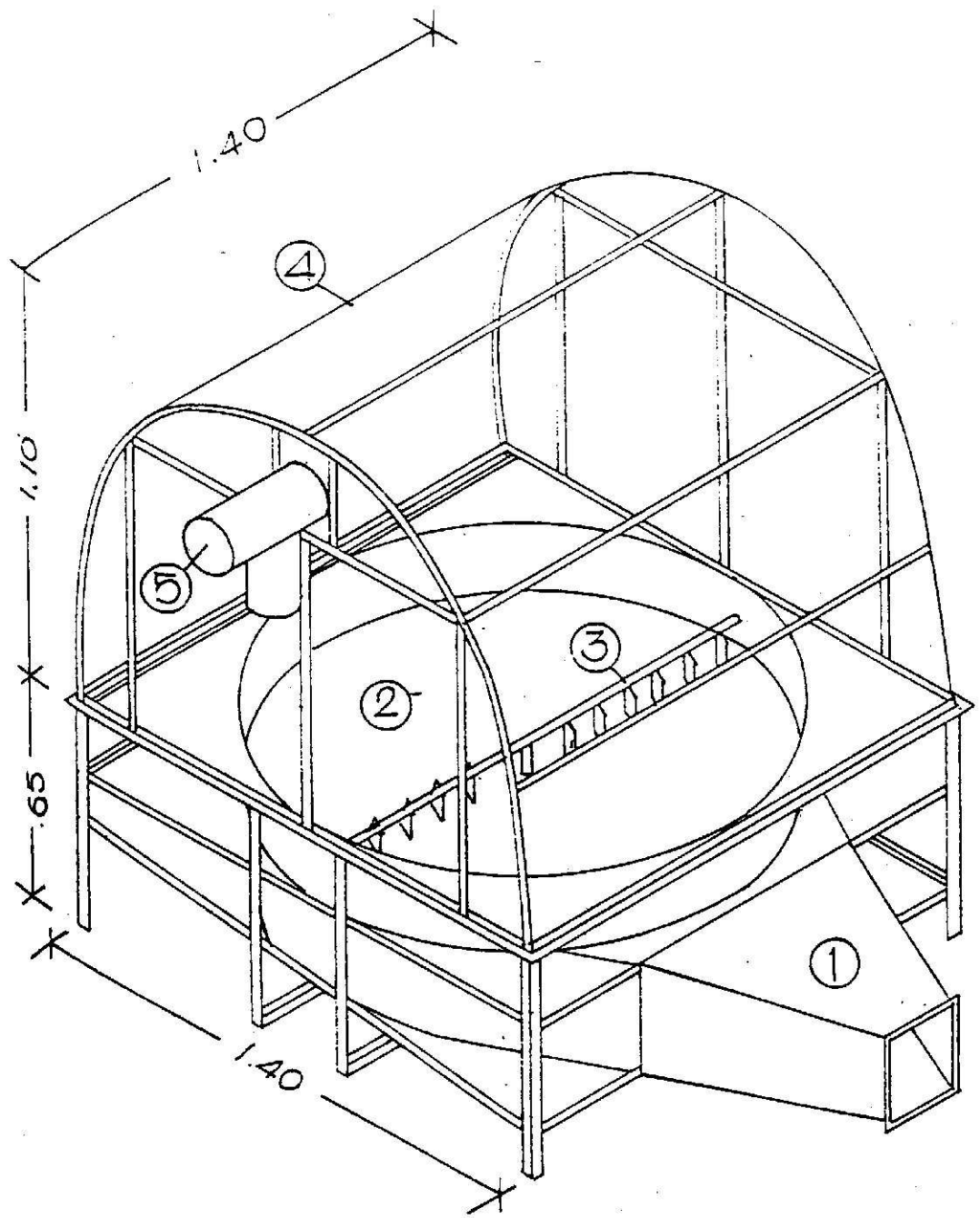
T_6 = อุณหภูมิของอากาศเหนือถาดที่ 3

T_7 = อุณหภูมิของอากาศเหนือถาดที่ 4

(ข) การกระจายของอุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของเมล็ดโกโก้ โดยวัดอุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางเมล็ดโกโก้ทุกถาด ถาดละ 3 จุด จุดแรกเป็นจุดกึ่งกลางของถาด จุดที่สอง และสาม เป็นจุดที่อยู่ติดมุมของถาด ตามแนวเส้นทะแยงที่ลากผ่านจุดแรก บันทึกอุณหภูมิทั้ง 3 จุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

(ค) อัตราการอบแห้ง ในช่วงต้นของการอบแห้งจนเมล็ดโกโก้มีความชื้นลดลงถึงร้อยละ 24 ได้ควบคุมอุณหภูมิของลมร้อนที่เข้าไปประมาณ 60 องศาเซลเซียส และติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้น โดยวิธีการชั่งน้ำหนักน้ำหนักตัวอย่างที่ทราบความชื้นเริ่มต้นตลอดระยะเวลาของการอบแห้ง เมื่อเมล็ดโกโก้มีความชื้นร้อยละ 24 ก็จะเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนเป็น 70 องศาเซลเซียส จนสิ้นสุด การอบแห้งที่ความชื้นร้อยละ 8

2.2 การพัฒนาตู้อบแบบมีเครื่องกวน ลักษณะของตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้ระดับห้องปฏิบัติการ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 อากาศร้อนจะไหลเข้าตำแหน่งที่ (1) โดยอาศัยแรงลมจากพัดลมที่ติดตั้งที่ปากทางเข้าอากาศร้อนจะไหลเข้าไปในตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้แล้วไหลผ่านตะแกรงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง ¼ นิ้ว (2) ขึ้นไปผ่านชั้นเมล็ดโกโก้ อากาศร้อนจะถ่ายเทความร้อนให้แก่เมล็ดโกโก้ ในขณะเดียวกันจะมีใบกวน (3) ติดตั้งเพื่อคลุกเคล้าเมล็ดโกโก้ให้ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง โดยมีอัตราการเคลื่อนที่ 2 รอบต่อนาที ตู้อบนี้จะมีโดมที่ทำด้วยแผ่นอะไครลิค (acrylic) หนา 2 มิลลิเมตร (4) เพื่อสำหรับรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ ความร้อน



1. ลมร้อนเข้า
2. ตะแกรงเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว
3. ใบกวน
4. โดมพลาสติกใส
5. ท่อลมออก

รูปที่ 2.11 ตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้ระดับห้องปฏิบัติการ

ชื้นที่เกิดจากการระเหยน้ำออกจากเมล็ดโกโก้จะไหลออกที่ท่อลมออก (5) สำหรับทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศร้อนที่เข้าและออกตู้อบเมล็ดโกโก้ แสดงในรูปที่ 2.12

แบบของใบกวนที่ได้ออกแบบนั้น ประกอบด้วย ใบกวน แบบ A และ B ดังแสดงในรูปที่ 2.13 การหาประสิทธิภาพการทำแห้งของตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับห้องปฏิบัติการมีดังนี้

(1) หาประสิทธิภาพการทำแห้งของตู้อบเมล็ดโกโก้ที่ติดตั้งใบกวนแบบ A และใช้เตาให้พลังงานความร้อนแบบ 3 (ชนิดที่ 1)

(2) หาประสิทธิภาพการทำหน้าที่ของตู้อบเมล็ดโกโก้ที่ติดตั้งใบกวนแบบ B และใช้เตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3 (ชนิดที่ 2)

(3) หาประสิทธิภาพของการทำแห้งของตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้ที่มีใบกวนแบบ B และ ใช้เตาให้พลังงานความร้อน แบบ 2 (ชนิดที่ 3)

3. การวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบ

ตัวอย่างเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบแห้งภายใต้การอบแห้งต่าง ๆ ได้แก่ การอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบชั้นบาง และตู้อบแห้งแบบมีเครื่องกวน ทำการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพดังนี้

3.1 คุณภาพทางเคมี ได้แก่

(ก) ปริมาณความชื้น โดยวิธี Oven method ที่อุณหภูมิ 100 ± 5 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่

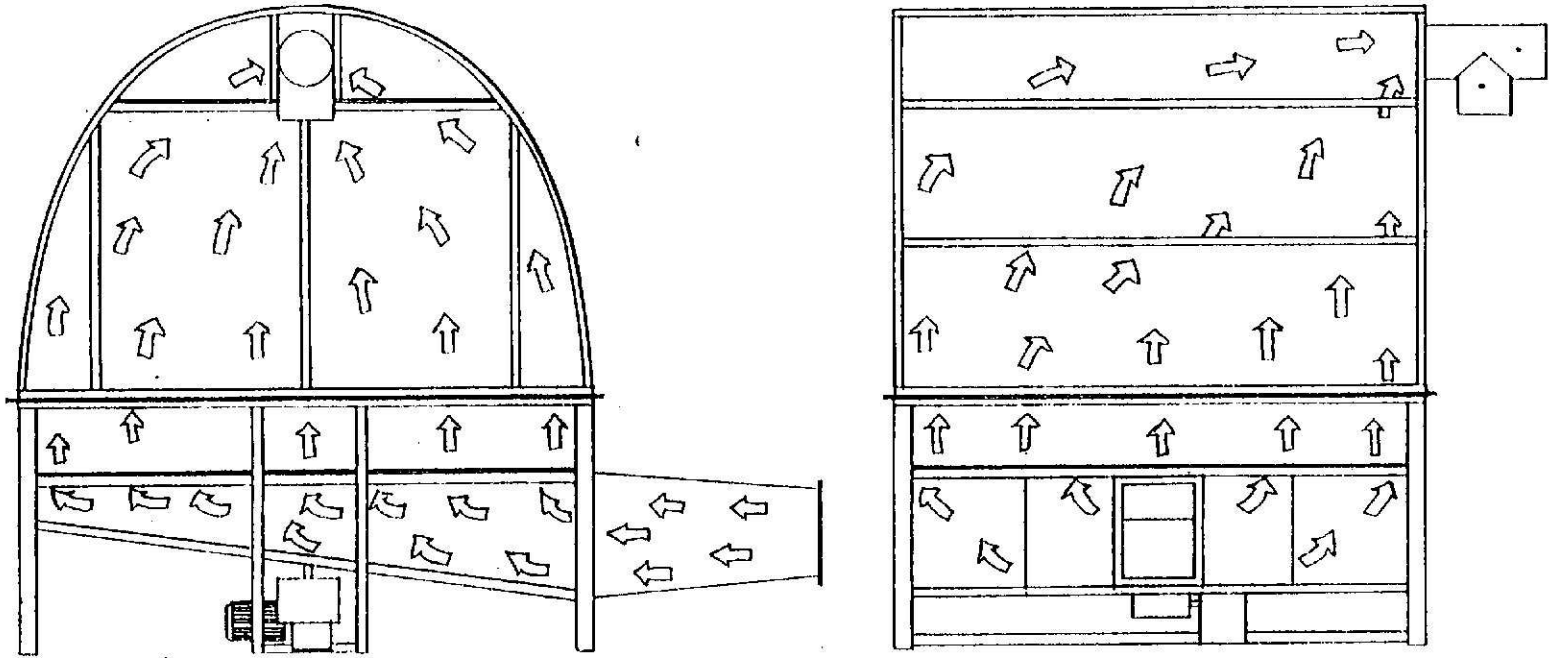
(ข) ค่า พีเอช วัดด้วยมาตรวัดความเป็นกรด-ด่าง โดยนำตัวอย่าง 5 กรัม และน้ำกลั่น 50 ซี.ซี. แล้วปั่น 2 นาที

(ค) ปริมาณกรดทั้งหมด ในรูปของกรดซิตริก (ดูภาคผนวก 1)

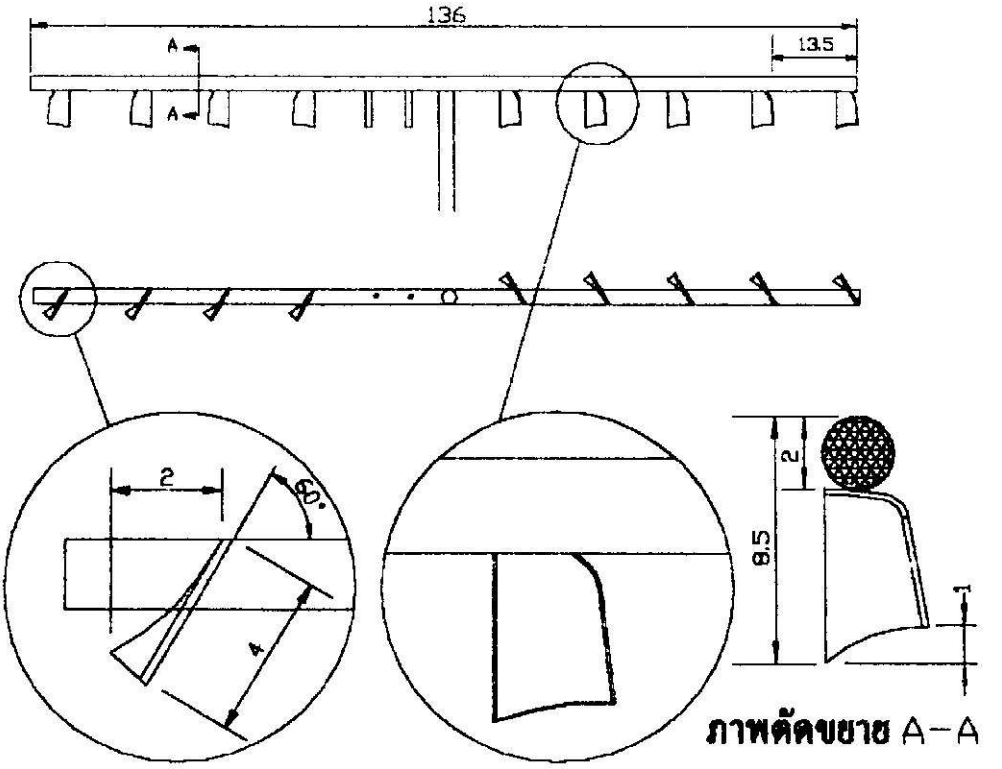
(ง) ปริมาณกรดระเหย ในรูปของกรดอะซิติก (ดูภาคผนวก 1)

(จ) ปริมาณกรดแลกติค โดยวิธีวัดค่าสี (colourimetric) ซึ่งดัดแปลงจาก Barber และ Summerson (1941) (ดูภาคผนวก 1)

(ฉ) ดัชนีการหมัก (fermentation index) โดยวิธี Gourieva และ Tserevtinov (1979) (ดูภาคผนวกที่ 1)

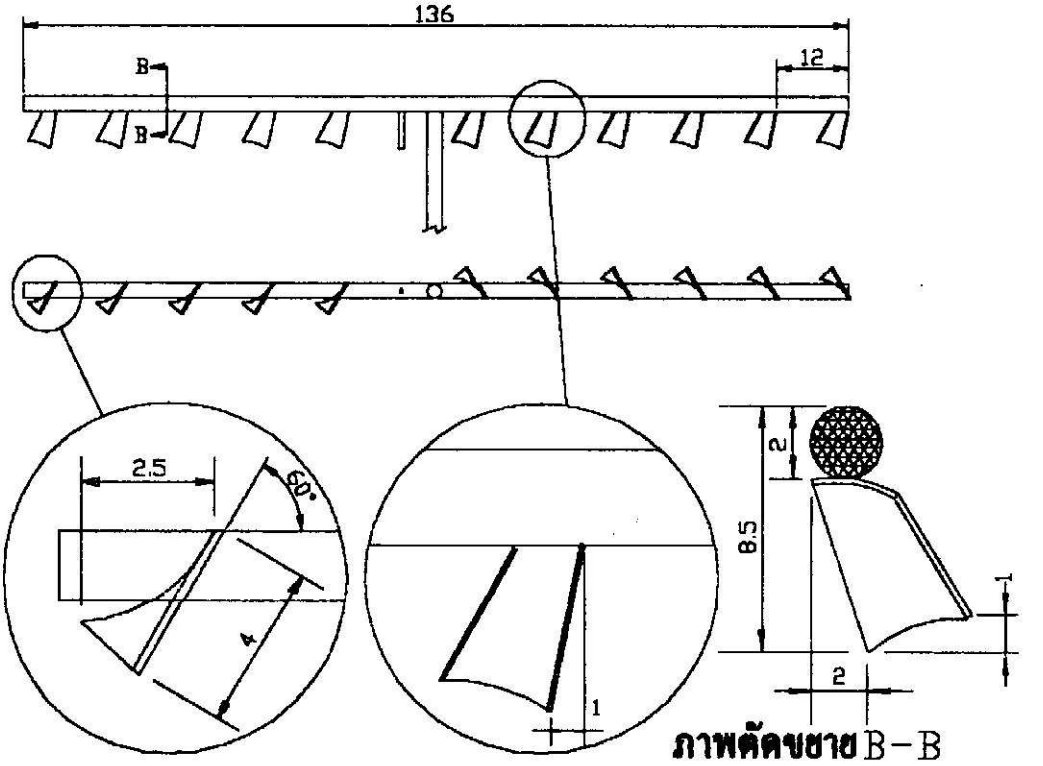


รูปที่ 2.12 ทิศทางการไหลของอากาศร้อนเข้าและออกในตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้



ภาพตัดขยาย A–A

ใบกวนแบบ A



ภาพตัดขยาย B–B

ใบกวนแบบ B

รูปที่ 2.13 ลักษณะของใบกวนเมล็ดโกโก้ทั้งสองชนิดที่ติดตั้งในตู้อบแห้ง

3.2 การตรวจสอบสี (cut-test) ใช้เมล็ดโกโก้แห้ง 20 เมล็ด มาผ่าเป็นสองซีก และทำการเทียบสีกับสมุดเทียบสี Munsell และแบ่งเป็นสีน้ำตาลของช็อกโกแลต (10RP 3/1 หรือ 2) สีม่วงน้ำตาล และสีหินชนวน (slaty bean) และสีอื่น ๆ

3.3 การหาน้ำหนักเมล็ดโกโก้แห้ง ใช้เมล็ดโกโก้แห้ง 20 เมล็ด มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า แล้วหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อเมล็ด

4. การใช้ตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้กับผลิตผลเกษตรอื่น ๆ ในระดับห้องปฏิบัติการ

4.1 การอบแห้งพริก ใช้พริกขี้หนูใส่ในตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับห้องปฏิบัติการให้มีความสูง 6.5 - 7 ซ.ม. และ 12 ซ.ม. อบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส โดยมีการกลับพริกและไม่กลับพริก

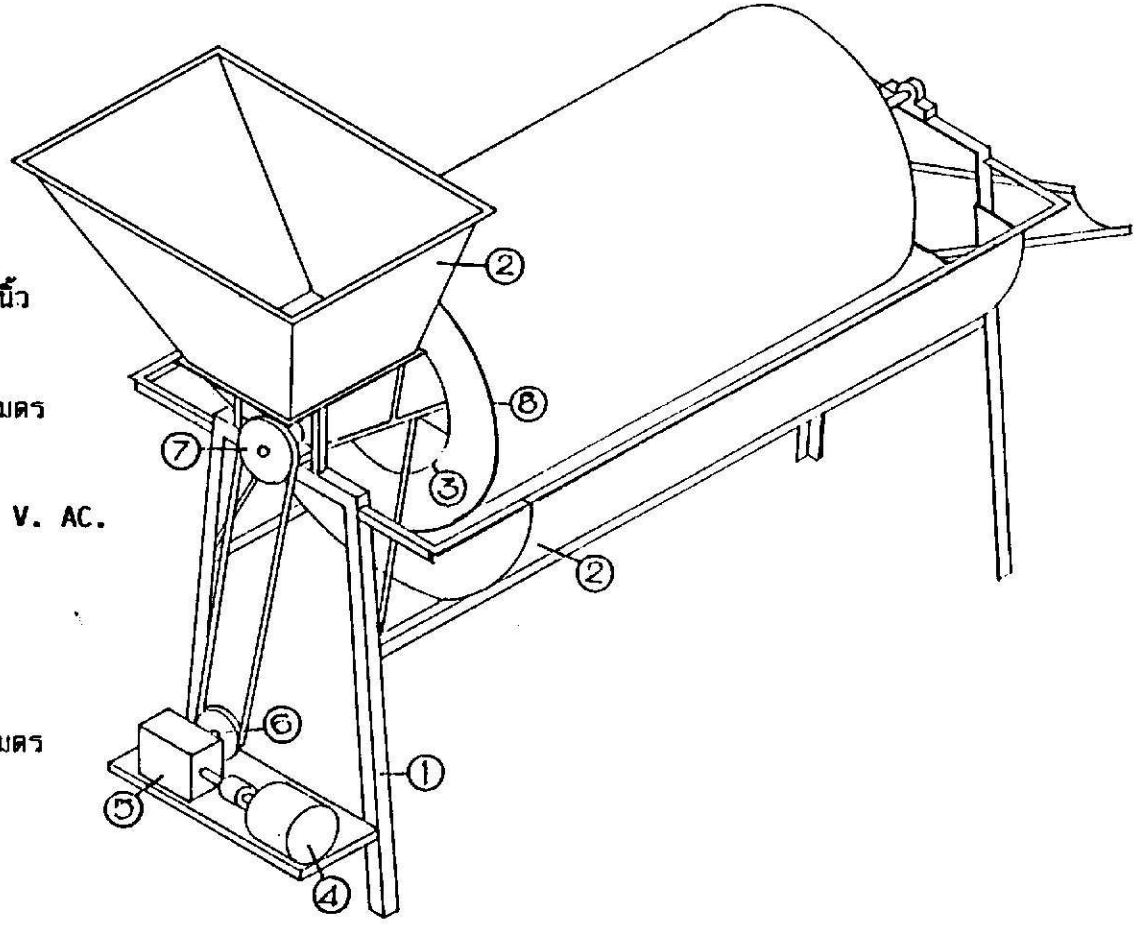
4.2 การอบแห้งมะพร้าว ใช้ชิ้นเนื้อมะพร้าว ขนาดเฉลี่ย กว้าง x ยาว เท่ากับ 5.2 x 7 ซ.ม. อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระดับความสูง 5 และ 10 ซ.ม.

4.3 การอบแห้งผลกาแฟ เนื่องจากการทดลองการอบแห้งผลกาแฟอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2538 ซึ่งเป็นปลายฤดูของผลผลิตกาแฟทำให้ผลกาแฟ ซึ่งเป็นวัตถุดิบมาใช้ในการอบมีคุณภาพต่ำ กล่าวคือ เมล็ดมีขนาดเล็ก ลีบ มีเชื้อรา และมีเมล็ดที่ยังไม่สุก ทำให้ผลการทดลองออกมาไม่น่าเชื่อถือ จึงได้มีความเห็นว่าทำการทดลองอบแห้งผลกาแฟในช่วงที่มีการทดสอบภาคสนาม

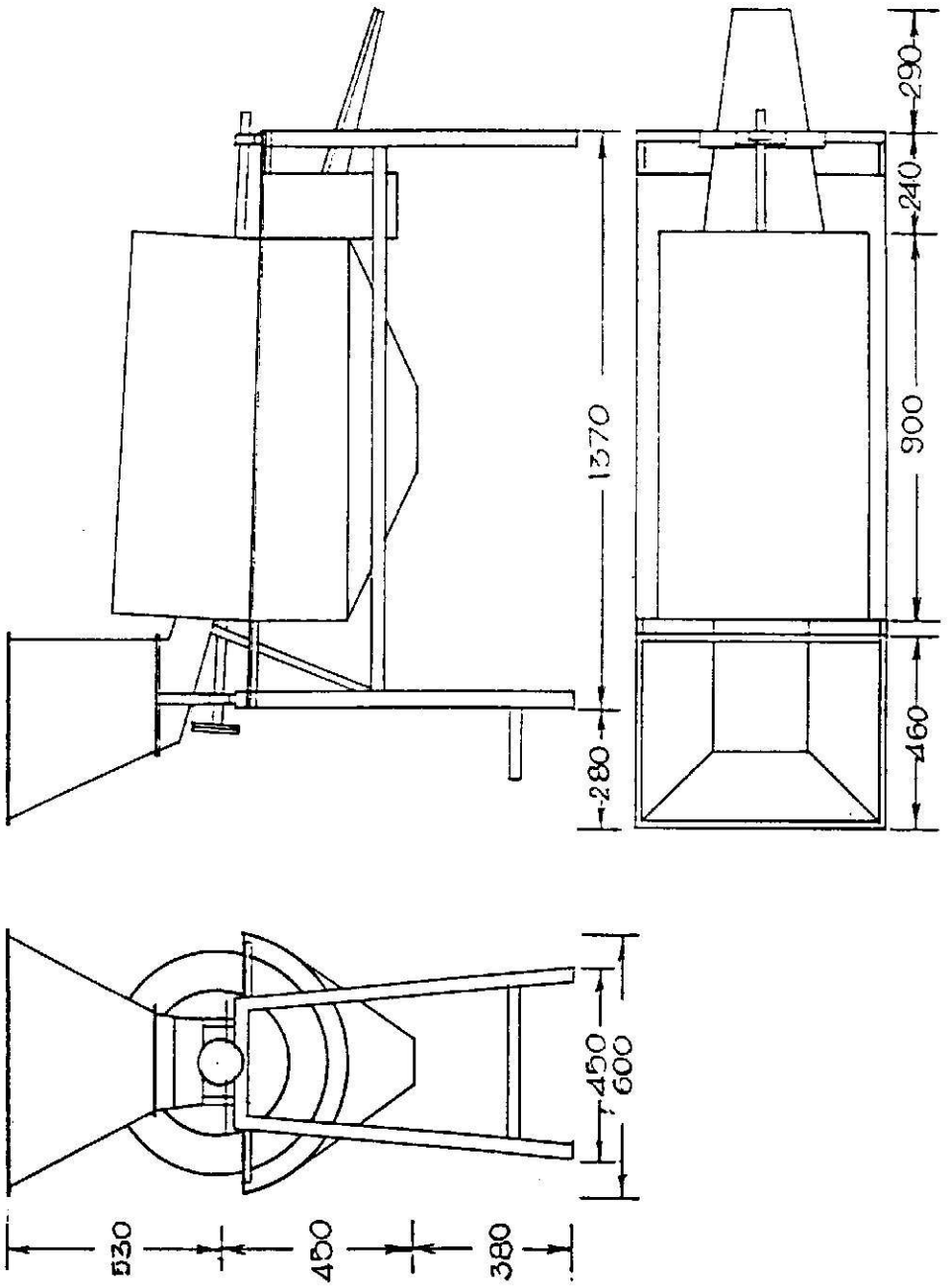
5. การพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดโกโก้ ได้ทำการออกแบบเครื่องคัดขนาดเมล็ดโกโก้ดังรูปที่ 2.14 และ 2.15 เครื่องคัดขนาดเมล็ดโกโก้ ประกอบด้วย โครงสร้างของเครื่องสร้างด้วยเหล็กฉาก และแผ่นสังกะสี โดยมีเหล็กตะแกรงเป็นส่วนสำคัญของการคัดขนาด ตัวเครื่องมีความสูงจากพื้นถึงระดับของปากถังใส่เมล็ด 1,360 มิลลิเมตร ตะแกรงของส่วนการคัดขนาดจะเป็น 2 ชั้น โดยตะแกรงเหล็กวงในหนา 1.5 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตะแกรงเท่ากับ 16 มิลลิเมตร และตะแกรงวงนอกมีตะแกรงเหล็กหนา 1.5 มิลลิเมตร มีเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตะแกรงเท่ากับ 12.5 มิลลิเมตร ตะแกรงทั้ง 2 ชั้นนี้ มีความยาวรวม 900 มิลลิเมตร และวางเอียง 4 องศา โดยด้านปลายของตะแกรงจะมีส่วนรองรับเมล็ดโกโก้ แยกออกได้ 2 ขนาด ตะแกรงชุดนี้หมุนด้วยอัตรา 28 รอบต่อนาที ใช้มอเตอร์ V.AC. ขนาด ½

<u>รายการประกอบ</u>

1. เหล็กฉาก ขนาด $1\frac{1}{4}$ หนา $\frac{1}{4}$ นิ้ว
2. สังกะสี #28
3. ตะแกรงเหล็กหนา 1.5 มิลลิเมตร ขนาดรู 16 มิลลิเมตร
4. มอเตอร์ขนาด $\frac{1}{2}$ แรงม้า 220 V. AC.
5. ชุดเฟืองทดสอบ 1 : 40
6. พูเล่ขับ ϕ 5 นิ้ว
7. พูเล่ตาม ϕ 4 นิ้ว
8. ตะแกรงเหล็กหนา 1.5 มิลลิเมตร ขนาดรู 12.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 2.14 รายละเอียดเครื่องคัดขนาดระดับผลิตทดลอง



รูปที่ 2.15 แสดงขนาดของเครื่องคัดขนาดเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง

แรงม้า ขับผ่านเฟืองทด อัตราทด 1 : 40 ผ่านพูเล่ขับ 5 นิ้ว ขับไปยังพูเล่ตาม 4 นิ้ว เครื่องคัดขนาดนี้มีอัตราการคัดขนาดเมล็ดโกโก้ได้ 1.6 ตันต่อชั่วโมง และแยกขนาดเมล็ดโกโก้ออกได้รวม 3 ขนาด

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาดมีดังนี้

1. หาค่าความเร็ววิกฤต (critical speed) ของเครื่องคัดขนาด เพื่อกำหนดจำนวนรอบของการหมุนของตะแกรงสูงสุดที่สามารถคัดได้ โดยสมการ

$$N = 42.3 / (D)^{1/2}$$

เมื่อ N = จำนวนรอบของการหมุนของตะแกรง (รอบต่อนาที, rpm)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของตะแกรง เท่ากับ 0.5 ม.

2. ทดลองปรับเปลี่ยนจำนวนรอบของการหมุนของตะแกรง โดยอ้างอิงความเร็ววิกฤต และปรับเปลี่ยนอัตราการป้อนเมล็ดโกโก้ เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาด โดยแบ่งการทดลองดังนี้

2.1 ทำการคัดขนาดเมล็ดโกโก้แห้ง ครั้งละ 20 กิโลกรัม โดยปรับเปลี่ยนอัตราการป้อนเมล็ดโกโก้เป็น 3.1, 2.6, 2 และ 1.6 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งในแต่ละอัตราการป้อนนี้จะปรับเปลี่ยนจำนวนรอบของการหมุนของตะแกรงเป็น 20 35 และ 50 รอบต่อนาที จากนั้นสุ่มตัวอย่างเมล็ดโกโก้แห้งแต่ละขนาดที่คัดได้ ขนาดละ 50 เมล็ด วัดขนาดความกว้างและยาวของแต่ละเมล็ด แล้วนำมาเปรียบเทียบกับขนาดเมล็ดโกโก้แห้งที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาดในหน่วยเปอร์เซ็นต์

2.2 ชั่งน้ำหนักเมล็ดโกโก้แห้ง ตามขนาดที่คัดได้ (ใหญ่ กลาง เล็ก) จากนั้นคำนวณปริมาณเมล็ดโกโก้ของแต่ละขนาดในหน่วยเปอร์เซ็นต์

6. การทดสอบตู้อบเมล็ดโกโก้ในภาคสนาม

6.1 การสำรวจสภาพพื้นที่ จากแนวความคิดที่จะนำตู้อบเมล็ดโกโก้ที่ได้ขยายสเกลระดับผลิตทดลอง ไปติดตั้งที่จังหวัดชุมพร และสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีการปลูกโกโก้มาก สำหรับที่ตำบลสระแก้ว อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราชนั้น ขณะนี้เกษตรกรได้หันไปปลูกไม้ผลอย่างอื่นแทนเป็นจำนวนมาก จึงไม่มีความสนใจที่จะปลูกโกโก้

ดังนั้นก่อนที่จะนำตู้อบเมล็ดโกโก้นี้ไปติดตั้งยังจังหวัดดังกล่าว คณะวิจัยจึงได้ติดต่อไปยังเกษตรจังหวัดชุมพรและสุราษฎร์ธานีเพื่อขอข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับพื้นที่ จำนวนครัวเรือน และความสนใจในการใช้ตู้อบเมล็ดโกโก้ดังกล่าว

เมื่อคณะวิจัยได้ข้อมูลเบื้องต้นแล้ว จึงได้เดินทางไปที่จังหวัดชุมพร และสุราษฎร์ธานี ระหว่างวันที่ 9 - 13 กรกฎาคม 2539 โดยได้สอบถามเกษตรกรที่ตำบลบ้านยาง อำเภอคีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเกษตรกรที่ตำบลวังใหม่ อำเภอเมือง และตำบลหงส์เจริญ อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร

นอกจากนี้ คณะวิจัยได้สอบถามข้อมูลเบื้องต้นจากเกษตรกรจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อจะนำตู้อบเมล็ดโกโก้ไปติดตั้งที่จังหวัดนครศรีธรรมราชอีกแห่งหนึ่ง เมื่อได้ข้อมูลเบื้องต้นแล้ว คณะวิจัยจึงได้ไปสำรวจพื้นที่ อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช

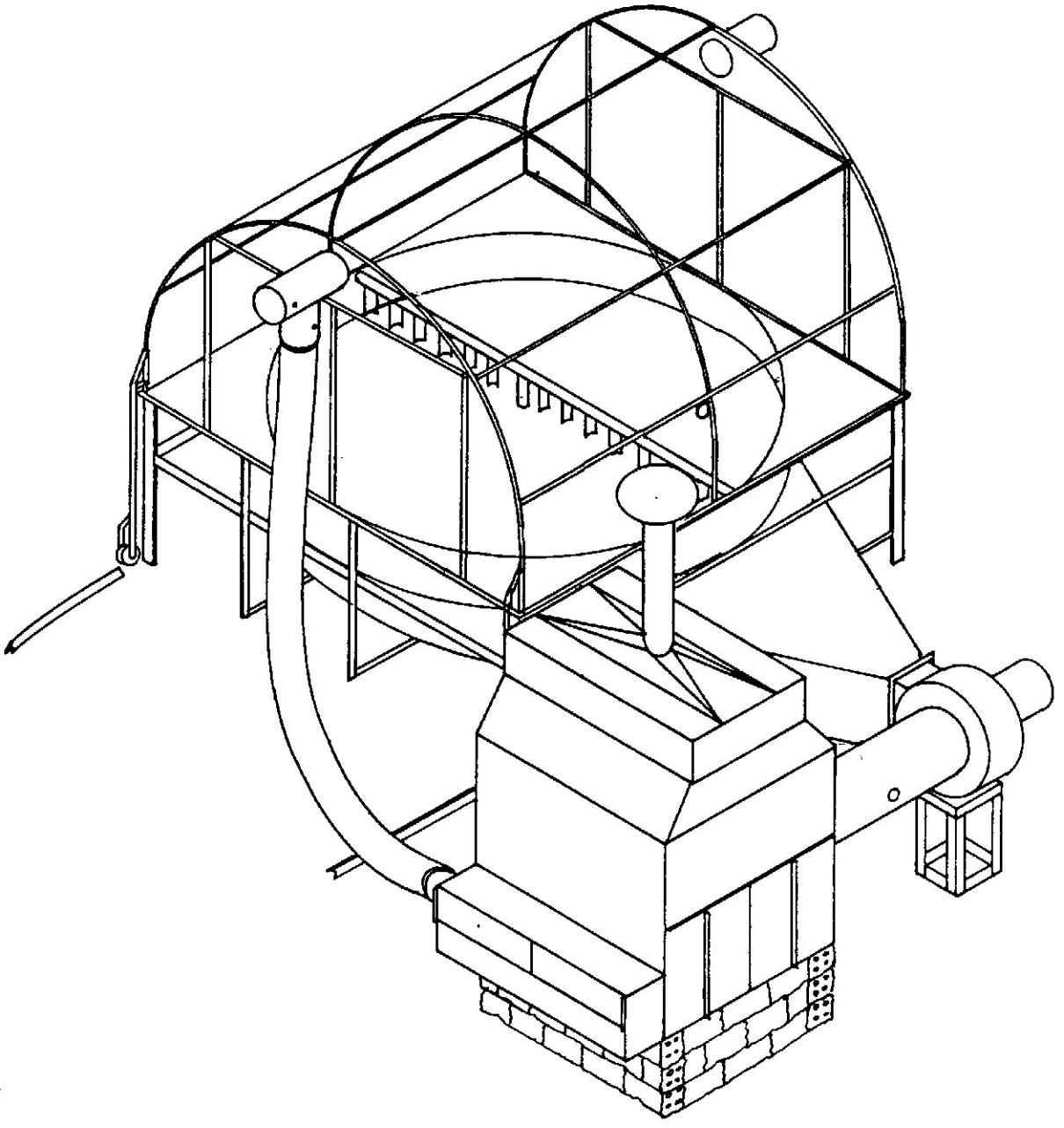
6.2 การขยายสเกลตู้อบเมล็ดโกโก้ในระดับผลิตทดลอง หลังจากที่ได้แบบของตู้อบและเตาให้พลังงานความร้อนระดับห้องปฏิบัติการ และจากการที่ได้ไปสำรวจสภาพพื้นที่ และสัมภาษณ์เกษตรกรจึงได้ขยายสเกลของตู้อบเมล็ดโกโก้เป็นระดับผลิตทดลอง ดังนี้

(1) ตู้อบเมล็ดโกโก้ มีความจุ 200 - 250 กิโลกรัมของเมล็ดโกโก้สด และได้ขยายเตาให้มีความเหมาะสมกับตู้อบ เพื่อใช้สำหรับบ้านเกษตรกรนายมณี ทนุก เลขที่ 76/2 หมู่ 2 ตำบลบางโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี

(2) ตู้อบเมล็ดโกโก้ มีความจุ 400 กิโลกรัมของเมล็ดโกโก้สด และได้ขยายเตาให้มีความเหมาะสมกับตู้อบ เพื่อใช้สำหรับบ้านเกษตรกร

ตู้อบเมล็ดโกโก้แห้ง ประกอบด้วย ส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.16 ได้แก่

(ก) ตัวตู้อบ โครงสร้างใช้เหล็กฉากทาสีกันสนิม ในส่วนที่สัมผัสกับเมล็ดโกโก้จะใช้เหล็กปลอดสนิมเป็นส่วนประกอบ โครงตู้จะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนโครงด้านบนจะมีความกว้าง 2.0 เมตร ยาว 2.0 เมตร สูง 1.2 เมตร มีเทอร์โมมิเตอร์แบบหน้าปัดกลมติดอยู่ โครงชุดนี้จะเปิดเลื่อนไปมาบนรางเลื่อนได้ โครงนี้จะใช้แผ่นอะไครลิกใสหน้า 2 มิลลิเมตร เป็นส่วนประกอบหลักและช่องทางลมออกจะใช้ท่อสังกะสีเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร โดยปลายท่ออีกด้านหนึ่งจะสวมพอดีกับปากท่อลมเข้าของเตาให้พลังงานความร้อน เพื่อนำลมร้อนที่ออกจากตู้อบกลับมาใช้ใหม่ สำหรับโครงตู้อบด้านล่างเป็นส่วนที่จะรองรับเมล็ดโกโก้ โดยมีถาดที่ทำจากเหล็กตะแกรงปลอดสนิมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6



รูปที่ 2.16 เตาและตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง

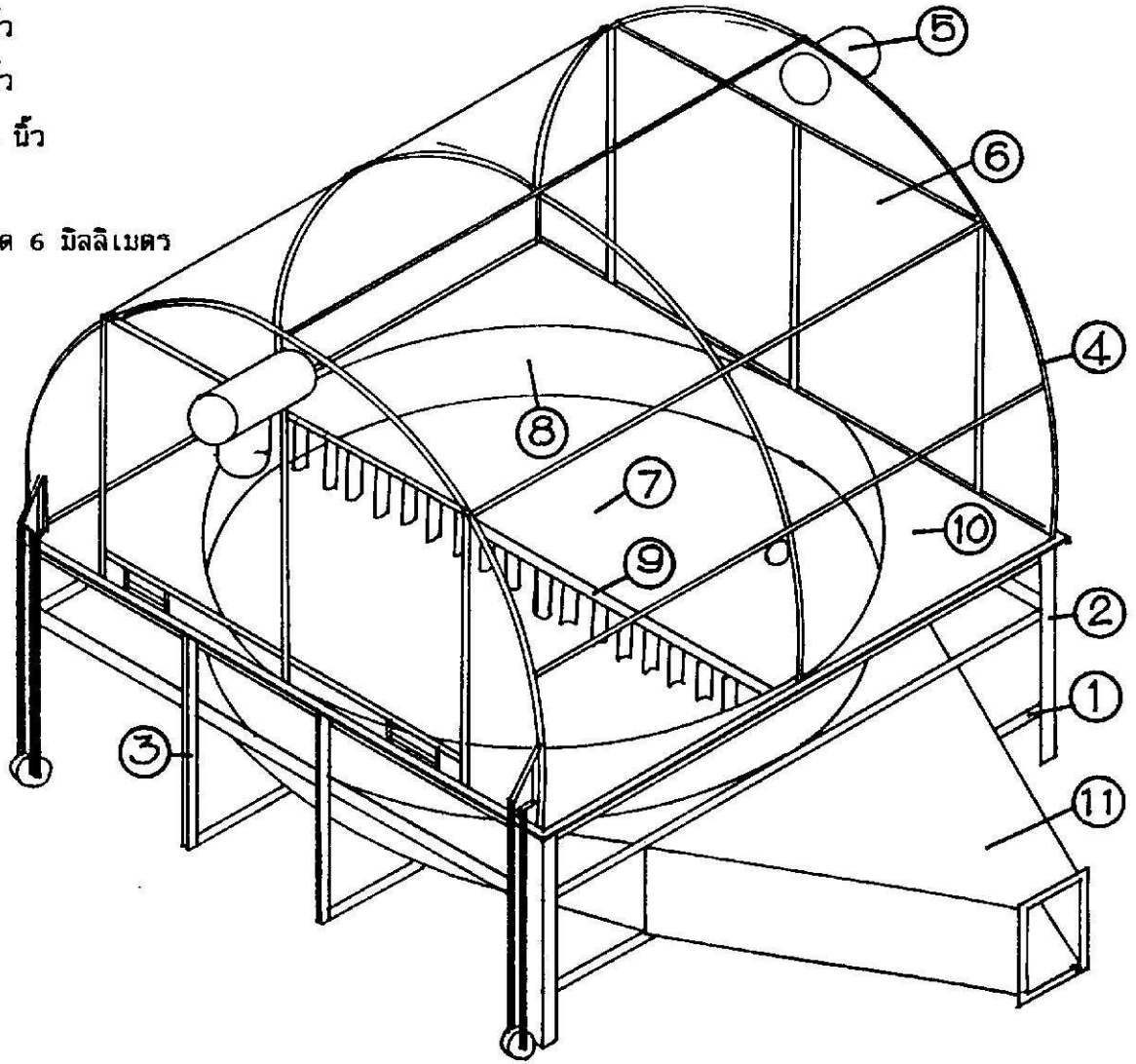
มิลลิเมตร ใต้ถาดจะมีท่อลมร้อนที่มาจากชุดพัดลมเป่าลมร้อน ถาดเหล็กปลอดสนิมชุดนี้จะติดใบกวนที่ทำจากเหล็กปลอดสนิมและได้รับแรงหมุนจากมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ ขับผ่านชุดเฟืองทดอัตราทด 1 ต่อ 60 จำนวน 2 ชุด ซึ่งจะมีอัตราความเร็วรอบของการกวน 1 รอบต่อ 2.26 นาที ดังรูปที่ 2.17 และ 2.18

(ข) เตาให้พลังงานความร้อน เป็นเตาที่ออกแบบให้ใช้เชื้อเพลิงจากวัสดุในท้องถิ่น เช่น ไม้ เปลือกมะพร้าว มีขนาดกว้าง 90 เซนติเมตร สูง 160 เซนติเมตร โครงสร้างภายนอกเตาสร้างด้วยเหล็กแบนหนา 1.2 มิลลิเมตร จะมีตะแกรงซึ่งใช้เหล็กแหนบรถยนต์กว้าง 50 มิลลิเมตร หนา 8 มิลลิเมตร วางห่างกัน 40 มิลลิเมตร เตาจะหุ้มทับด้วยฉนวนไมโครไฟเบอร์ หนา 2 นิ้ว และใช้สังกะสีแผ่นเรียบเบอร์ 30 หุ้มเตาภายนอกของโครงเตา สำหรับภายในเตาจะใช้ท่อเหล็กสำหรับงานไอน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ¼ นิ้ว ตัดโค้งตามขนาดของเตาเป็นรูปตัวยู เป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อน ยาวท่อละ 1 เมตร จำนวนข้างละ 20 ท่อ ส่วนบนสุดจะมีท่อขนาดเดียวกันยาวท่อละ 20 เซนติเมตร จำนวน 40 ท่อ ดังรูปที่ 2.19 และ 2.20

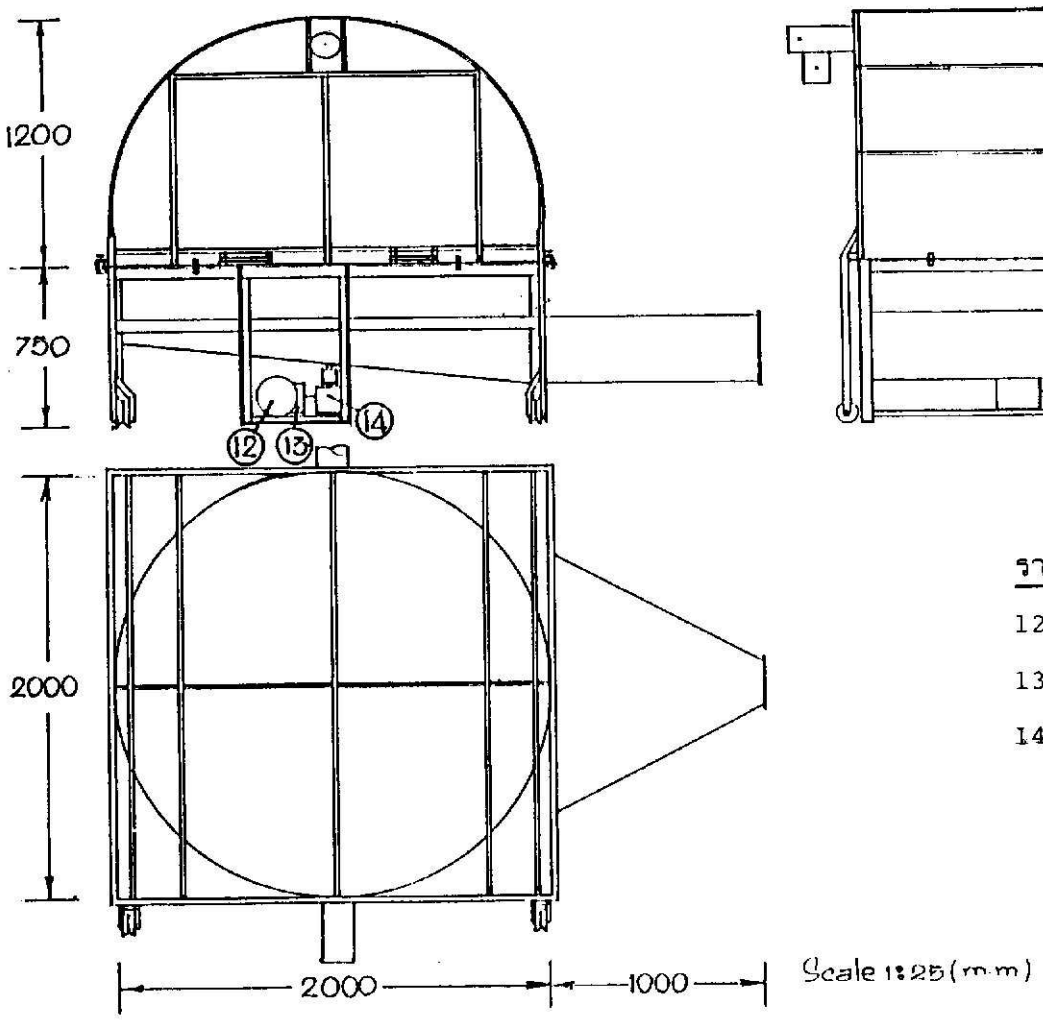
(ค) พัดลมเป่าลมร้อน (Blower) ส่วนนี้จะมีท่อรวมอากาศที่ผ่านมาจากท่อแลกเปลี่ยนความร้อนของเตาที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทางเข้าของพัดลมดูดอากาศเท่ากับ 25 เซนติเมตร ท่อนี้จะมีเทอร์โมมิเตอร์แบบหน้าปัดกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว เป็นตัววัดอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเมล็ดโกโก้ มีมอเตอร์ขนาด ½ แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ อัตราการหมุนของใบพัด 1400 รอบต่อนาที ท่อทางออกจากพัดลมจะเป็นขนาดสี่เหลี่ยมกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และมีแผ่นปรับทิศทางการไหลของอากาศ ให้กระจายลมอย่างสม่ำเสมอติดตั้งอยู่

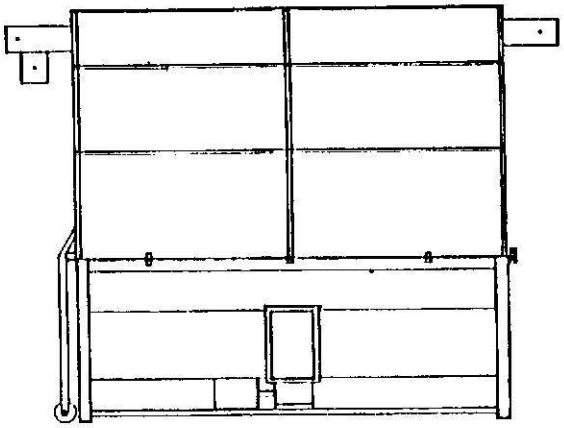
สำหรับตู้อบเมล็ดโกโก้ ขนาดความจุ 400 กิโลกรัม ของเมล็ดโกโก้สด ที่นำไปใช้ที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราชนั้น ได้ปรับปรุงจากแบบตู้อบเมล็ดโกโก้ขนาดความจุ 200 กิโลกรัมของเมล็ดโกโก้สด โดยมีการปรับเปลี่ยนส่วนที่สำคัญ ดังรูปที่ 2.21 และ 2.22 ดังนี้

1. เหล็กฉาก ขนาด $1\frac{1}{4}$ หนา $\frac{3}{16}$ นิ้ว
2. เหล็กฉาก ขนาด $1\frac{1}{2}$ หนา $\frac{1}{4}$ นิ้ว
3. เหล็กฉาก ขนาด 1 หนา $\frac{3}{16}$ นิ้ว
4. เหล็กฉาก ขนาด $\frac{3}{4}$ หนา $\frac{1}{8}$ นิ้ว
5. ท่อลมสังกะสี #26 ขนาด ท่อ ϕ 6 นิ้ว
6. พลาสติกใส หนา 2 มิลลิเมตร
7. ตะแกรงสเตนเลส #24 เจาะรูขนาด 6 มิลลิเมตร
8. สเตนเลสแผ่นเรียบ #26
9. ท่อสเตนเลส ϕ 1 นิ้ว และใบกวน สเตนเลสแบน กว้าง $1\frac{1}{8}$ หนา $\frac{1}{8}$ นิ้ว
10. แผ่นเรียบ หนา 6 มิลลิเมตร
11. ท่อลมสังกะสี #28



รูปที่ 2.17 รายละเอียดของตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง

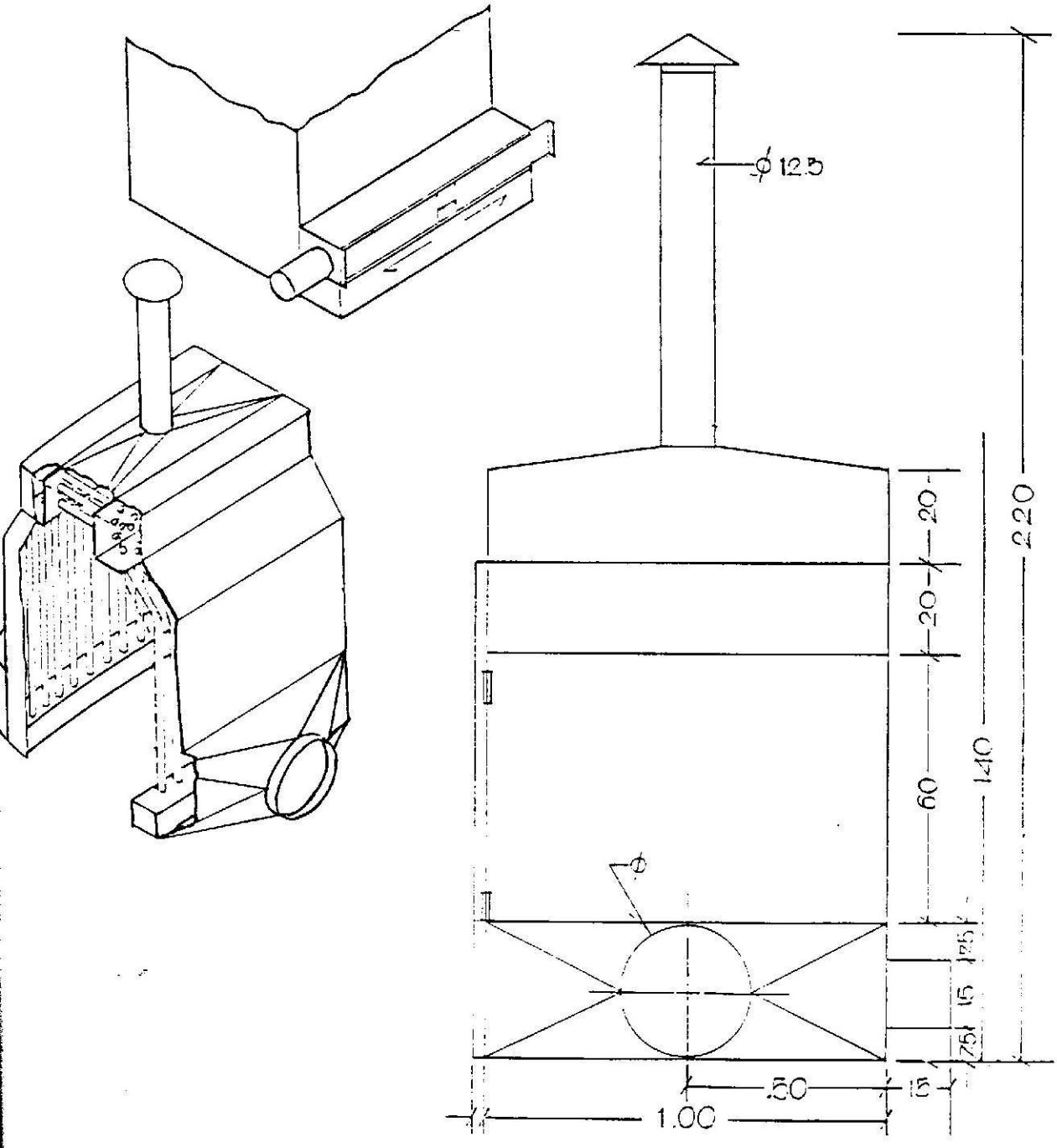




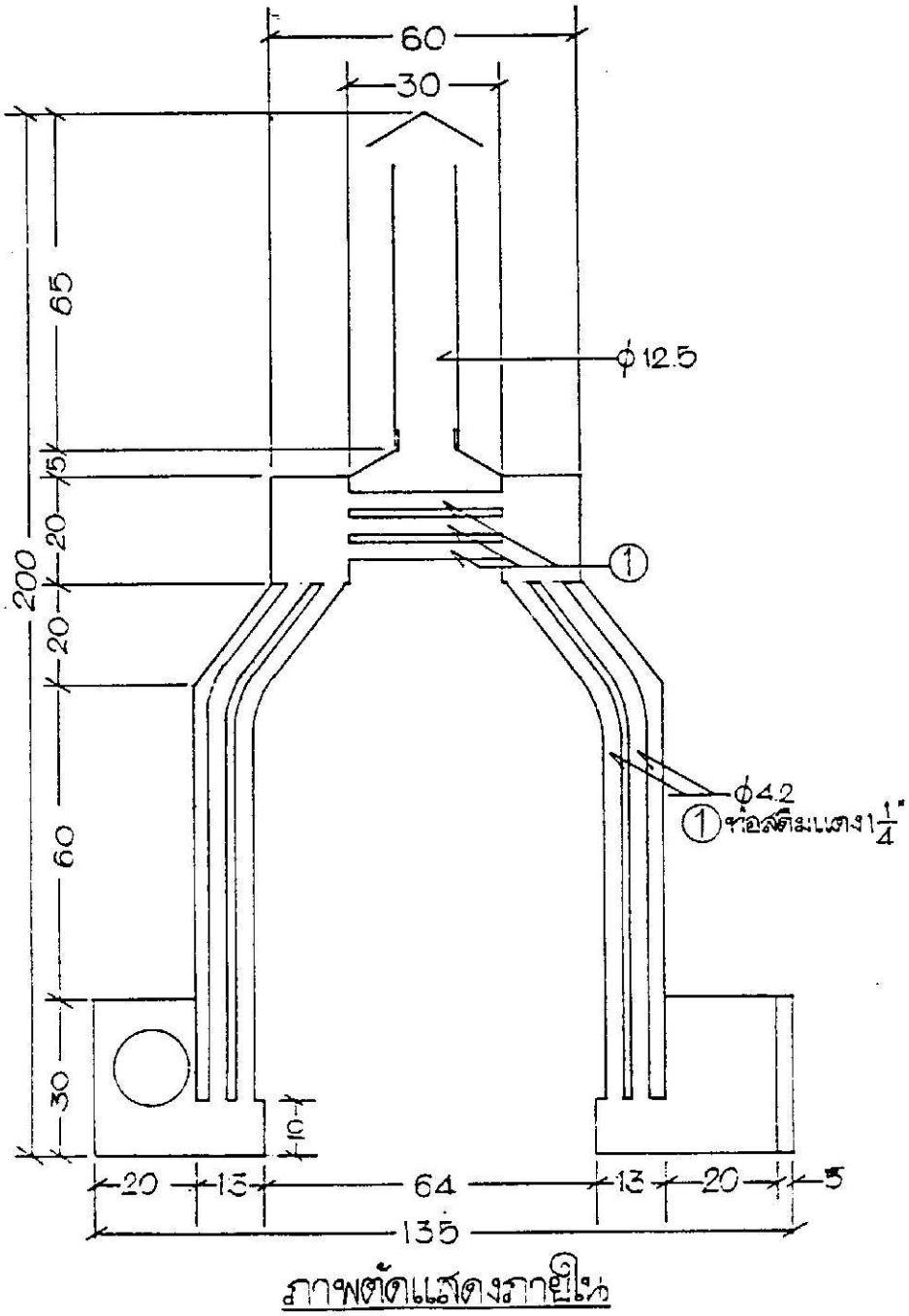
รายการประกอบ

12. มอเตอร์ ขนาด 1 แรงม้า 220 V. AC.
13. ชุดเฟืองทดสอบ 1 : 60
14. ชุดเฟืองทดสอบ 1 : 60

รูปที่ 2.18 แสดงขนาดของตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง



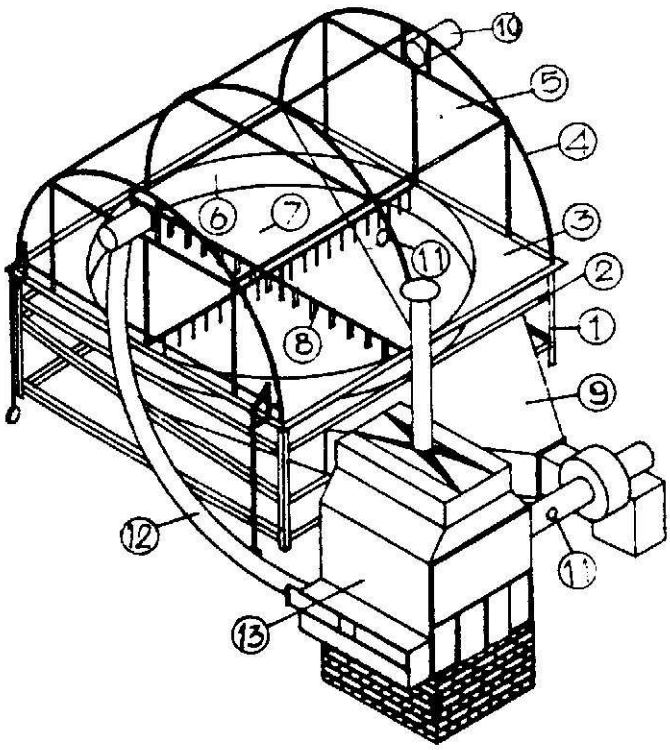
รูปที่ 2.19 แสดงขนาดของเตาระดับผลิตทดลอง



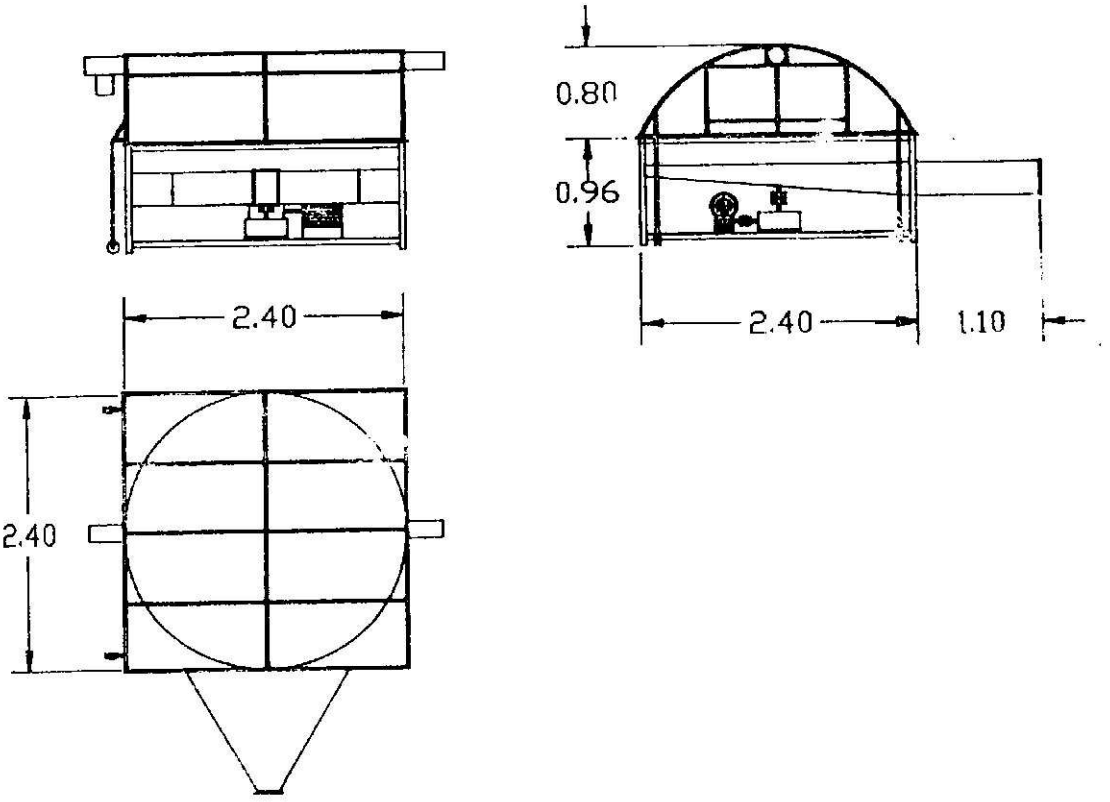
รูปที่ 2.20 ขนาดภายในและการประกอบของเตาระดับผลิตทดลอง

รายการประกอบ

1. เหล็กฉาก $^{1}/_{4}$ x 2 นิ้ว
2. เหล็กฉาก $^{3}/_{16}$ x 2 นิ้ว
3. แผ่นเรียบขนาด 6 ม.ม.
4. เหล็กฉาก $^{1}/_{8}$ x $^{3}/_{4}$ นิ้ว
5. พลาสติกใสหนา 2 ม.ม.
6. แผ่นสเตนเลส เบอร์ 24
7. ตะแกรงสเตนเลส รูขนาด 6 ม.ม.
8. ท่อสเตนเลส ϕ $1^{1}/_{4}$ นิ้ว และใบกวนสเตนเลสแบน $^{1}/_{8}$ x $1^{1}/_{4}$ นิ้ว
9. สังกะสี เบอร์ 30
10. ท่อลมสังกะสี เบอร์ 26
11. เทอร์โมมิเตอร์แบบหน้าปัทม์
12. ท่อลมอ่อน ϕ 6 นิ้ว
13. เตา



รูปที่ 2.21 ตู้อบเมล็ดโกโก้ขนาดจุ 400 กิโลกรัม



รูปที่ 2.22 แสดงขนาดของตู้อบเมล็ดโกโก้ขนาดจุ 400 กิโลกรัม

(ก) ขนาดของถาดบรรจุผลิตผล ซึ่งได้ขยายพื้นที่ของถาดออกโดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 240 เซนติเมตร ขอบถาดมีความสูง 25 เซนติเมตร ทำให้สามารถรองรับพื้นที่บรรจุได้เต็มที่ 400 - 500 กิโลกรัมของเมล็ดโกโก้สด หรือผลกาแฟ

(ข) ขนาดของโคม ได้ลดขนาดความสูงของโคมลงมา โดยให้โคมมีความสูงเพียง 80 เซนติเมตร กว้างและยาว 240 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อลดน้ำหนักของโคม และเป็นการประหยัดวัสดุทำให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานได้สะดวกขึ้น

(ค) ชุดใบกวน เนื่องจากปริมาณของเมล็ดโกโก้สดมีจำนวนมากขึ้น และรัศมีของใบกวนที่ยาวขึ้นกว่าเดิม จึงต้องกำหนดให้ใช้ขนาดของอุปกรณ์ขับเคลื่อนชุดใบกวนให้มีอัตรากำลังขับที่สูงขึ้น โดยใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ และใช้เฟืองทดกำลังที่มีอัตราทด 1 : 60 จำนวน 2 ชุด โดยใช้เฟืองทดที่มีขนาด 2 แรงม้า เช่นกัน สำหรับอุปกรณ์ช่วยในการส่งถ่ายกำลัง (clouping) ก็ใช้ขนาดใหญ่ขึ้น ใบกวนได้ออกแบบเป็น 2 ชุด โดยชุดล่างเป็นใบกวนที่เหมือนกับตู้อบชุดก่อน ใบกวนชุดที่ 2 จะออกแบบเป็นซี่ลวดที่จะทำหน้าที่เกลี่ยเมล็ดให้กระจายสม่ำเสมอ

(ง) ชุดพัดลมเป่าลมร้อน เป็นชุดพัดลมที่แยกมอเตอร์ออกจากแกนใบพัด ทั้งนี้เพื่อให้การทำงานของชุดพัดลมหรือการเปลี่ยนความเร็วรอบของพัดลม จะทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น ขนาดของใบพัดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ขับเคลื่อนโดยสายพานไปยังมอเตอร์ ขนาด 2 แรงม้า โดยมีความเร็วรอบ 1400 รอบต่อนาที

สำหรับเตาให้พลังงานความร้อน เป็นเตาขนาดเดียวกับเตาที่ใช้กับตู้อบเมล็ดโกโก้ขนาดจุ 200 กิโลกรัมของเมล็ดโกโก้สด โดยมีการปรับปรุงตะแกรงรองรับเชื้อเพลิงจากเหล็กฉากธรรมดามาเป็นเหล็กแหนบรถยนต์ ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถทนความร้อนสูงได้ อายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น

6.3 การทดสอบตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง ขนาดความจุ 200 กิโลกรัมของเมล็ดโกโก้สด ที่บ้านเกษตรกร นายมณี ทนุก เลขที่ 76/2 หมู่ 2 ตำบลนางโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างวันที่ 8 - 27 ตุลาคม 2539 ได้ทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง

ผลโกโก้ที่ผ่านการบ่มไว้ 3 วัน ที่บริเวณสวน นำมาผ่าและเอาเมล็ดออกมา ทำการหมักในลังหมักดังรูปที่ 2.23 เป็นเวลา 4 วัน โดยมีการกลับเมล็ดโกโก้หลังจากการหมักแล้ว 2 วัน ในขณะที่ทำการหมักจะมีการบันทึกอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากการหมัก หลังจากครบกำหนด 4 วัน นำเมล็ดโกโก้หลังการหมักไปอบแห้งในตู้อบ โดยแบ่งการอบแห้งเป็น 2 ระยะ ระยะที่ 1 ใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส อบจนเมล็ดโกโก้มีความชื้น (รวมเปลือกเยื่อหุ้ม) ประมาณร้อยละ 24 - 25 จึงเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 70 องศาเซลเซียส อบต่อไปจนเมล็ดโกโก้มีความชื้นร้อยละ 7 ในระหว่างการอบจะมีการเปิดเครื่องกวน และสุ่มตัวอย่างเพื่อหาความชื้นทุก ๆ 2 ชั่วโมง เมื่อได้เมล็ดโกโก้แห้งจะนำไปผ่านเครื่องคัดขนาดออกเป็น 3 ขนาด

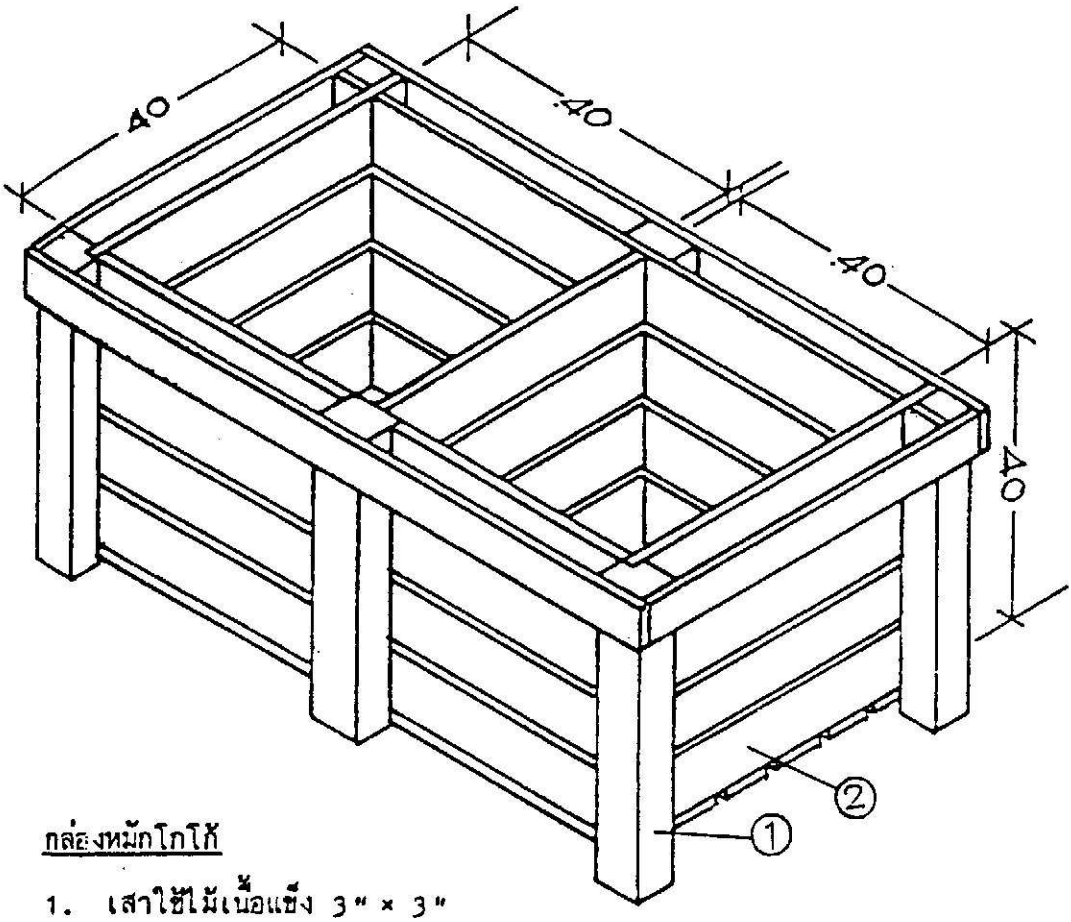
จากการทดลองได้นำข้อมูลมาคำนวณประสิทธิภาพของเตา และประสิทธิภาพของตู้อบ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศเย็นที่เข้าตู้อบ และออกจากตู้อบ

6.4 การทดสอบตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง ขนาดความจุ 400 กิโลกรัมของเมล็ดโกโก้สด ที่บ้านเกษตรกร นายประยูร ประจันผล เลขที่ 34/2 หมู่ 7 ตำบลสี่ขีด อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 15 - 26 ตุลาคม 2540 ได้ทำการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง

การเตรียมเมล็ดโกโก้ตั้งแต่การบ่มผลโกโก้และการหมักเมล็ดโกโก้ได้ปฏิบัติตามวิธีที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 6.3 ตลอดจนวิธีการอบแห้ง และบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว แล้วนำข้อมูลเหล่านี้มาคำนวณหาประสิทธิภาพของเตา และประสิทธิภาพของตู้อบ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศเย็นที่เข้าตู้อบและออกจากตู้อบ

6.5 การทดสอบใช้ตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง ขนาดความจุ 400 กิโลกรัม เพื่ออบแห้งผลกาแฟ ที่บ้านเกษตรกร นายประยูร ประจันผล เลขที่ 34/2 หมู่ 7 ตำบลสี่ขีด อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 23 - 28 ธันวาคม 2540 รวมการทดลอง 2 การทดลอง

ผลกาแฟจากเกษตรกร ผ่านการคัดเลือกผลกาแฟที่สุกและมีคุณภาพจำนวน 250 กิโลกรัม ใส่ในตู้อบ เกลี่ยให้มีความสูงสม่ำเสมอและวัดความสูง การอบแห้งแบ่งเป็น 2 ระยะ โดยระยะที่ 1 อบแห้งที่อุณหภูมิ 75 - 80 องศาเซลเซียส จนผลกาแฟมีความชื้นระหว่างร้อยละ 28 - 30 จึงเปลี่ยนอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 10

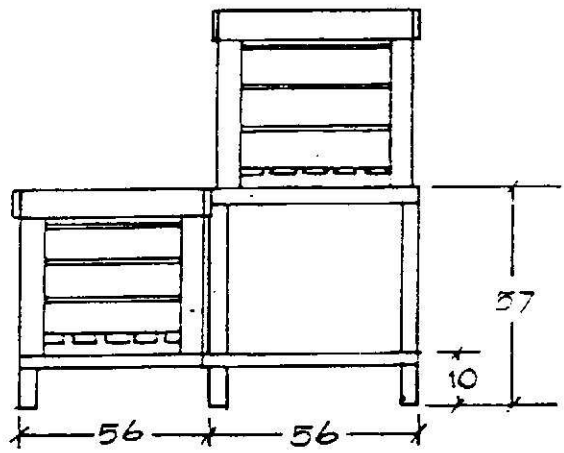


<u>กล่องหมักโกโก้</u>

1. เสาใช้ไม้เนื้อแข็ง 3" × 3"
2. โครงใช้ไม้เนื้อแข็ง 1" × 4"
3. ไม้ด้านหน้าสามารถถอดออกได้

<u>ชั้นวางกล่องหมักโกโก้</u>

1. ทำจากเหล็กฉากขนาด $\frac{1}{4}$" × 1" ทาสีกันสนิท



รูปที่ 2.23 ลังหมักโกโก้

จากการทดลองได้นำข้อมูลมาคำนวณประสิทธิภาพของเตา และประสิทธิภาพของตู้อบ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศที่เข้าตู้อบ และออกจากตู้อบ

6.6 การทดสอบเครื่องคัดขนาดในภาคสนาม จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาด พบว่า อัตราการป้อนเมล็ดโกโก้แห้ง 1.6 ตันต่อชั่วโมง และจำนวนรอบของการหมุนของตะแกรง 20 - 50 รอบต่อนาที ไปใช้ในการปฏิบัติจริงที่ภาคสนาม ที่บ้านเกษตรกรนายมณี ทนุก เลขที่ 76/2 หมู่ 2 ตำบลบางโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างวันที่ 8 - 27 ตุลาคม 2541

6.7 การวิเคราะห์คุณภาพของเมล็ดโกโก้ ก่อนอบและหลังอบจากตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง

นำตัวอย่างเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบแห้งที่ได้จากการอบแห้งด้วยตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง ซึ่งได้นำไปทดสอบที่บ้านเกษตรกรทั้ง 2 แห่ง มาทำการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพทางเคมี การตรวจสอบสี และการหาน้ำหนักเมล็ดแห้ง ตามวิธีที่ได้กล่าวไว้แล้วใน ข้อ 2.3.3

7. การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากเปลือกโกโก้

7.1 ผลิตภัณฑ์คุกกี้

(ก) การเตรียมวัตถุดิบ ล้างทำความสะอาดเปลือกโกโก้ ตัดแต่งส่วนที่เป็นโรคและตำหนิออก สับเป็นชิ้นเล็ก ๆ อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส บดและคัดขนาด 5 - 40 เมช บรรจุถุงพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อทำการศึกษาต่อไป

(ข) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้ นำเปลือกโกโก้ที่เตรียมจาก (ก) มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธี A.O.A.C. (1990) ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำ และใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ โดยวิธีของ Lee และคณะ (1992) ปริมาณลิกนิน และเซลลูโลส โดยวิธีของ Van Soest และ Wine (1967) และคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้

(ค) การสกัดใยอาหารจากเปลือกโกโก้ นำเปลือกโกโก้ที่เตรียมไว้จาก ข้อ (ก) ลวกในน้ำร้อน 10 นาที กวนตลอดเวลา เติมน้ำให้ได้ความเข้มข้นของตัวอย่าง

เป็นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก เติมด่าง (โซเดียมไฮดรอกไซด์) ให้ของผสมมีความเข้มข้นร้อยละ 15, 20 และ 25 โดยน้ำหนักของตัวอย่าง ควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างไว้ที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 และ 60 นาที กรองเอาสารละลายทิ้ง ล้างด้วยน้ำ 5 ครั้ง (ในแต่ละครั้งเติมน้ำให้มีปริมาตรเท่าเดิม) นำส่วนที่กรองได้มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้า โดยวิธี A.O.A.C (1990)

(ง) การกำจัดลิกนินและการฟอกสี เติมน้ำลงในตัวอย่างที่ผ่านการกำจัดเถ้าและโปรตีน ให้มีปริมาตรเท่าเดิม (5%) ปรับพีเอชของสารละลายตัวอย่างให้ได้ 10.8 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดเกลือเติม H_2O_2 ลงในสารละลายตัวอย่าง ให้ของผสมมีความเข้มข้นร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักของตัวอย่าง การฟอกสีด้วย H_2O_2 จะทำ 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง ก่อนทำการฟอกสีครั้งที่ 2 เติมน้ำให้มีปริมาตรเท่าเดิม แล้วเติม H_2O_2 ซ้ำ การฟอกสีจะกระทำที่อุณหภูมิห้อง, 50 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20, 4.5 และ 2 ชั่วโมงตามลำดับ ในระหว่างการฟอกสีจะต้องปรับพีเอชให้อยู่ในช่วง 8.5 - 10.8 เสมอ เมื่อสิ้นสุดการฟอกสีแต่ละครั้ง ตัวอย่างจะล้างด้วยน้ำกลั่น 5 ครั้ง แล้วเติมน้ำให้มีปริมาตรเท่าเดิม ปรับพีเอชของสารละลายตัวอย่าง เท่ากับ 2.4 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก เป็นเวลา 30 นาที กรอง ล้าง ด้วยน้ำกลั่น 5 ครั้ง แล้วนำไปอบแห้งลมร้อนแบบถาด

(จ) การเตรียมคุกกี้เสริมใยอาหาร ใยอาหารจากเปลือกโกโก้จะบดให้ละเอียดแล้วผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 เมช สูตรคุกกี้ที่ใช้เป็นสูตรพื้นฐาน แล้วเติมใยอาหารในปริมาณร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 ของน้ำหนักแป้ง คุกกี้ที่ได้จะทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในปัจจัยลักษณะปรากฏ สี กลิ่นเนย กลิ่นแปลกปลอม ความร่วน ความรู้สึกเป็นทรายภายในปาก ความฝาด ความรู้สึกภายหลังการกลืน ด้วยวิธีทดสอบแบบเชิงพรรณา (QDA) (ดูภาคผนวกที่ 2) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน และวิธี Hedonic scale (ดูภาคผนวกที่ 2) เพื่อหาความชอบรวมโดยใช้ผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 55 คน

(ฉ) การเพิ่มปริมาณน้ำในสูตรคุกกี้ ผลจากการทดลอง (จ) ได้มีการปรับสูตรโดยพยายามให้มีใยอาหารทดแทนแป้งมากกว่า โดยการเติมใยอาหารทดแทนแป้งในปริมาณร้อยละ 5 (ชุดควบคุม), 7, 8 และ 9 โดยมีการเพิ่มปริมาณน้ำ ในอัตรา 3.80 กรัมต่อกรัมใยอาหาร ซึ่งเป็นความสามารถดูดซึมน้ำของใยอาหาร เมื่อได้คุ้กกี้จะทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสตามวิธีการที่ได้กล่าวไว้ในข้อ (จ)

7.2 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำเสริมใยอาหาร

(ก) ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีปริมาณไขมันต่ำ ทำการศึกษาอัตราส่วนของปริมาณไขมัน นม โปรตีน และคาราจีแนนที่เหมาะสมในการผลิตไส้กรอก โดยให้มีปริมาณไขมันต่ำกว่าสูตรมาตรฐานมากที่สุด โดยทำการวางแผนแบบมิกซ์เจอร์ (Earle and Anderson, 1985) โดยกำหนดปริมาณมันหมู นม โปรตีน และคาราจีแนน อยู่ในช่วงร้อยละ 15 - 65, 20 - 50, 15 - 25 ของปริมาณส่วนผสมของมันหมูรวมกับนมโปรตีนในสูตรมาตรฐานตามลำดับ ซึ่งได้ส่วนผสม 5 สูตร แล้วทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบเรียงลำดับความชอบ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 15 คน นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ผลของปริมาณมันหมู นมโปรตีนและคาราจีแนนต่อความชอบ

(ข) ศึกษาผลของใยอาหาร และความสัมพันธ์ระหว่างนมโปรตีนและคาราจีแนน ต่อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำเสริมใยอาหาร จากสูตรการผลิตไส้กรอกไขมันต่ำที่คัดเลือกได้จากข้อ (ก) โดยจัดให้มี 3 สูตร คือ สูตรที่ผสมคาราจีแนนรวมกับนมโปรตีน (MC) สูตรที่ผสมคาราจีแนนเพียงอย่างเดียว (C) และสูตรที่ผสมนมโปรตีนเพียงอย่างเดียว (M) โดยทุกสูตรมีการเสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักทั้งหมด ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในปัจจัย สี ลักษณะเนื้อ ความแน่นเนื้อ ความชุ่มน้ำ ความสม่ำเสมอ รสเครื่องเทศ ความรู้สึกเป็นทราย ด้วยวิธีเชิงพรรณา และความชอบรวมด้วยวิธี Hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว 15 คน

(ค) ผลของใยอาหารจากเปลือกโกโก้และความสัมพันธ์ระหว่างนมโปรตีนและคาราจีแนนที่มีต่อคุณภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ โดยเปรียบเทียบระหว่างสูตรผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ในข้อ (ข) ที่มีคาราจีแนนเพียงอย่างเดียว และเติมใยอาหารร้อยละ 0.6 (C) และสูตรที่ไม่ได้เติมใยอาหาร และทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสตามวิธีข้อ (ข)

(ง) นำไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำเสริมใยอาหารมาทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้าโดยวิธี A.O.A.C. (1990) ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำและที่ไม่ละลายน้ำ โดยดัดแปลงวิธีของ Lee และคณะ (1992) คำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้

8. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชนิดย่อยสลายง่ายจากเปลือกโกโก้

(ก) ศึกษาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสม ในการแยกกะลาออกจากเปลือกโกโก้ โดยใช้วิธีดัดแปลงของฉลอง เอียมอาทร (2533) นำเปลือกโกโก้สดมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า และเยื่อใย โดยวิธี A.O.A.C. (1990) วิเคราะห์ปริมาณลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส โดยวิธีของ Van Soest และ Wine (1967)

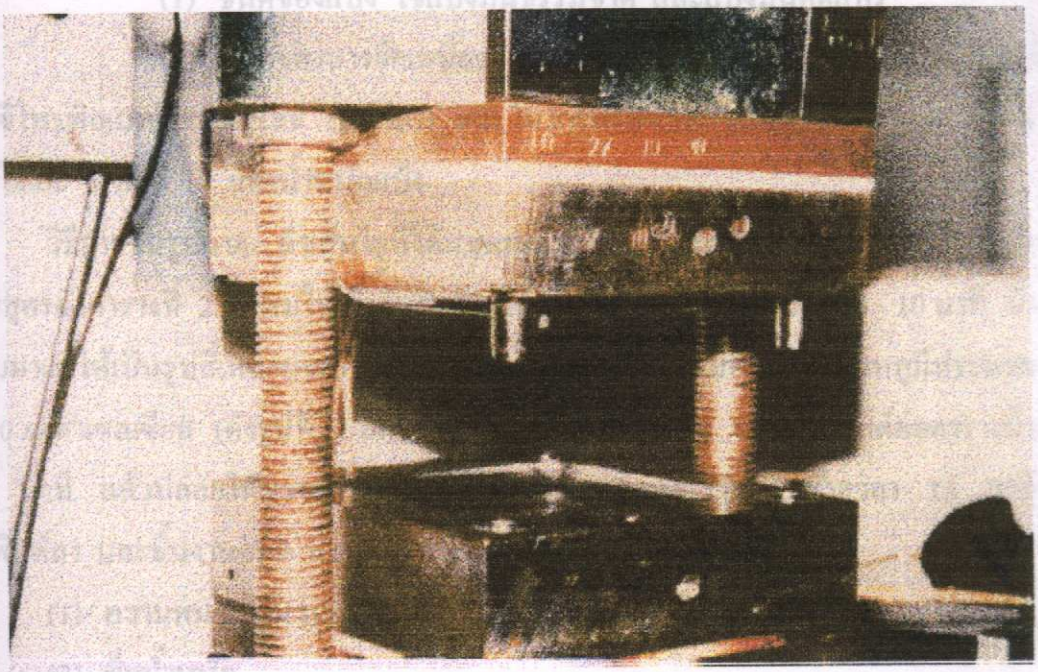
เปลือกโกโก้สดจะหั่นตามขาวของเปลือกให้มีขนาดความกว้างแต่ละชิ้น 2 นิ้ว จำนวน 500 กรัม แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20, 30 และ 40 โดยน้ำหนักปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นทุก ๆ 15 นาที นำตัวอย่างเปลือกในแต่ละความเข้มข้นมาทดลองแยกกะลาออก จนสามารถกำหนดระยะเวลาการแช่เปลือกโกโก้ที่สามารถแยกกะลาออกได้ดีที่สุด เลือกความเข้มข้นนั้นไว้ศึกษาต่อไป

จากนั้นนำเปลือกโกโก้ที่แยกกะลาออกแล้วจำนวน 500 กรัม ต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ปริมาณ 500 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 30 นาที กรองผ่านตะแกรงขนาด 16 เมช แล้วขยี้ส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรง โดยให้มีน้ำไหลผ่านตลอดเพื่อให้เส้นใยแยกออกมา และชะเอาส่วนที่ไม่ต้องการออกไป ล้างเส้นใยให้สะอาด สะเด็ดน้ำจนแห้ง แล้วนำไปอบแห้ง คำนวณหาผลผลิต และวิเคราะห์หาปริมาณ เซลลูโลส ด้วยวิธีของ Van Soest และ Wine (1967)

(ข) การฟอกสี โดยดัดแปลงวิธีของ Walter และคณะ (1985) นำเส้นใยที่ได้จากข้อ (ก) จำนวน 1 กรัม มาเติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น ร้อยละ 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก ปริมาณ 100 มิลลิลิตร ปรับให้ส่วนผสมมีพีเอชประมาณ 10 - 10.5 ต้มที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ปรับพีเอชให้เป็นกลาง จากนั้นกรองโดยใช้ตะแกรงขนาด 40 เมช ล้างน้ำเส้นใยหลาย ๆ ครั้ง สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปอบแห้งจนมีความชื้นร้อยละ 10 - 15 คำนวณหาผลผลิตแล้วทำการวัดค่า

(1) วัดความขาวของเส้นใยในรูปของ L ; a และ b

(2) หาค่าความสามารถดูดซับน้ำของเส้นใย โดยวิธีของ Ning และคณะ (1990)



รูปที่ 2.24 แม่พิมพ์ฉาบ

เส้นใยที่คัดเลือกได้จะบรรจุในถุงพลาสติก เพื่อใช้ต่อไป

(ค) ศึกษาการทำบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยที่สกัดได้ โดยทำการเปรียบเทียบปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

(1) ชนิดของแป้ง ใช้แป้งมันธรรมชาติ และแป้งมันดัดแปร

(2) ชนิดของสารยึดเหนี่ยว ได้แก่ คาร์บอกซิลเมทธิลเซลลูโลส (CMC) ไฮดรอกซีโพรพิลเมทธิลเซลลูโลส (HPMC) และไมโครคริสตอลลายน์เซลลูโลส (MCC) ที่ปริมาณร้อยละ 5 และ 10 ของน้ำหนักแป้ง

วิธีการขึ้นรูปถาด นำเส้นใยที่ได้มาผสมกับแป้ง น้ำและสารยึดเหนียว ในอัตราส่วนตามสูตรดังตารางที่ 2.1 ผสมให้เข้ากันดี โดยใช้เวลาในการผสมประมาณ 6 - 10 นาที นำส่วนผสมมาแผ่ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 3 x 3 นิ้ว ใส่ในแม่พิมพ์ที่มีอุณหภูมิประมาณ 115 - 120 องศาเซลเซียส (ดังรูปที่ 2.24) อัดแม่พิมพ์ให้มีความดัน 8000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 5 นาที แล้วปล่อยให้ความดันลดลงมาถึงศูนย์ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จับเวลา 15 นาที ปลดแม่พิมพ์ลง และชิ้นงานออก และทำการตรวจสอบ

(1) ความหนา จำนวน 5 จุด

(2) ชื่อน้ำหนัก

(3) วัดค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด โดยดัดแปลงวิธีของศูนย์บรรจุหีบห่อไทย (2539) และการดูดซึมน้ำ โดยดัดแปลงวิธีของ ASTM D 570 (1982)

(ง) ศึกษาการใช้งานของถาดบรรจุภัณฑ์ นำฝรั่งตัดแต่งแล้วประมาณ 150 กรัม ใส่ในถาดบรรจุภัณฑ์ที่ได้คัดเลือกแล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 8 - 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน ชั่งน้ำหนักและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของฝรั่ง และถาดเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด และตรวจสอบคุณสมบัติถาดบรรจุภัณฑ์ ได้แก่ การต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด และการดูดซึมน้ำ ทุก ๆ 2 วัน จนครบ 10 วัน

ตารางที่ 2.1 สูตรส่วนผสมในการทำถาด

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม)					
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6
เส้นใย	2	2	2	2	2	2
แป้งมันธรรมดา	20	20	20	-	-	-
แป้งมันดัดแปร	-	-	-	25	25	25
น้ำ	17	18.5	20	21	23	25
สารยึดเหนี่ยว	-	1	2	-	1.25	2.5

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

(Results and Discussion)

3.1 การทดสอบประสิทธิภาพเตาให้พลังงานความร้อนแบบต่าง ๆ

3.1.1 เตาแบบที่ 1 จากรูปที่ 2.1 และ 2.2 จากการทดสอบประสิทธิภาพของเตาให้พลังงานความร้อน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 และ 3.2

3.1.2 เตาแบบที่ 2 จากรูปที่ 2.3, 2.6, 2.7 และ 2.8 จากการทดสอบประสิทธิภาพ ของเตาให้พลังงานความร้อน ได้ผลแสดงไว้ในตารางที่ 3.3

3.1.3 เตาแบบที่ 3 จากรูปที่ 2.4 และ 2.5 จากการทดสอบประสิทธิภาพของเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3 ได้ผลดังตารางที่ 3.4

จากตารางที่ 3.1, 3.2, 3.3 และ 3.4 เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของเตาให้พลังงานความร้อน แล้วจะเห็นว่าเตาแบบที่ 3 จะเป็นแบบที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาอีก 2 แบบ ประสิทธิภาพของเตาแบบที่ 3 อยู่ในช่วงร้อยละ 67 - 72 ในขณะเดียวกันปริมาณไม้ฟืนที่ใช้น้อยกว่าเตาอีก 2 แบบ นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเตาแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเตาแบบที่ 1 และปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ก็น้อยกว่าอีกด้วย

จากผลการทดลอง จึงสรุปได้ว่าแบบเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3 เป็นแบบที่คัดเลือกไว้ สำหรับการทดลองต่อไป

3.2 การพัฒนารูปแบบของตู้อบและเครื่องกวนผสมระดับห้องปฏิบัติการ

1. การพัฒนาตู้อบลมร้อนแบบชั้นบาง เนื่องจากการอบแห้งใช้เวลานาน จึงมีการหยุดการอบเป็นช่วง ๆ ผลการทดลองนี้เป็นผลการทดลองของการทดสอบการอบแห้งเมล็ดโกโก้ เฉพาะครั้งที่ 5 และ 6 ทั้งนี้เพราะครั้งที่ 1 - 4 มีการกระจายของอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอ เพราะไม่มีการเปิดให้อากาศเข้าทางด้านใต้ การทดสอบครั้งที่ 5 และ 6 จึงเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ตารางที่ 3.1 การทดสอบประสิทธิภาพเตาแบบที่ 1 กรณีให้อากาศเย็นเข้าด้านบน โดยทดสอบในช่วงอุณหภูมิอากาศร้อนออก 65 - 70 องศาเซลเซียส และ 75 - 80 องศาเซลเซียส

การทดลองที่	อุณหภูมิอากาศเย็นเข้า ($^{\circ}$ซ)	อุณหภูมิอากาศร้อนออก ($^{\circ}$ซ)	อุณหภูมิปล่องไฟ ($^{\circ}$ซ)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศร้อนออก (ก.ก./วินาที)	ปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ (ก.ก.)	ปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ (กิโลวัตต์)	ประสิทธิภาพของเตา (%)
1	33.1	69.2	164.0	0.229	26.7	8.34	43.6
	32.4	78.1	225.1	0.229	40.0	9.29	38.6
2	36.4	70.5	142.7	0.226	28.2	8.47	50.7
	39.8	79.7	166.6	0.224	31.0	9.83	49.9
3	36.8	71.0	159.4	0.225	31.2	8.46	35.8
	38.1	80.2	173.2	0.223	37.5	10.31	34.9
4	31.0	68.6	195.1	0.230	26.8	9.54	39.5
	37.3	78.8	195.9	0.223	30.5	10.17	43.2

การทดลองที่ 1 เตาที่ไม่ผ่านการดัดแปลง

การทดลองที่ 2 ติดวาล์วผีเสื้อไว้ที่ปล่องไฟเพื่อควบคุมปริมาณควันร้อนโดยเปิดวาล์วที่มุม 45 องศา

การทดลองที่ 3 ติดแผ่นเหล็กเจาะรูโดยให้มีพื้นที่รูเป็นร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมดและมีการควบคุมปริมาณควันร้อนด้วยวาล์วผีเสื้อโดยเปิดวาล์วที่ 45 องศา

การทดลองที่ 4 ติดแผ่นเหล็กเจาะรูโดยให้มีพื้นที่เป็นร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมดและมีการควบคุมปริมาณควันร้อนด้วยวาล์วผีเสื้อโดยเปิดวาล์วที่ 90 องศา

หมายเหตุ 1. เปิดวาล์วผีเสื้อที่มุม 45 องศา เป็นการลดพื้นที่ในการที่ควันร้อนจะออกจากปล่องไฟให้เหลือเพียงร้อยละ 50

2. เปิดวาล์วผีเสื้อที่มุม 90 องศา พื้นที่ของควันร้อนที่จะออกจากปล่องไฟจะเท่าเดิม

ตารางที่ 3.2 การทดสอบประสิทธิภาพเตาแบบที่ 1 กรณีให้อากาศเย็นเข้าด้านล่าง โดยทดสอบในช่วงอุณหภูมิอากาศร้อนออก 65 - 70 องศาเซลเซียส และ 75 - 80 องศาเซลเซียส

การทดลองที่	อุณหภูมิอากาศเย็นเข้า (°ซ)	อุณหภูมิอากาศร้อนออก (°ซ)	อุณหภูมิปล่องไฟ (°ซ)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศร้อนออก (ก.ก./วินาที)	ปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ (ก.ก.)	ปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ (กิโลวัตต์)	ประสิทธิภาพของเตา (%)
1	34.6	67.5	194.9	0.226	34.0	7.76	32.4
	33.9	80.5	242.8	0.225	40.5	11.56	37.4
2	36.0	70.1	150.5	0.225	30.0	8.44	42.2
	37.7	79.3	178.1	0.224	33.0	10.24	47.1
3	37.4	71.3	155.9	0.224	42.0	8.33	25.2
	38.1	80.6	177.6	0.224	41.0	10.45	32.0
4	37.5	69.8	145.3	0,225	35.0	8.00	31.5
	40.2	80.3	171.2	0.224	38.8	9.86	35.6

การทดลองที่ 1 เตาที่ไม่ผ่านการดัดแปลง

การทดลองที่ 2 ติดวาล์วผีเสื้อไว้ที่ปล่องไฟเพื่อควบคุมปริมาณควันร้อนโดยเปิดวาล์วที่มุม 45 องศา

การทดลองที่ 3 ติดแผ่นเหล็กเจาะรูโดยให้มีพื้นที่รูเป็นร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมดและมีการควบคุมปริมาณควันร้อนด้วยวาล์วผีเสื้อโดยเปิดวาล์วที่ 45 องศา

การทดลองที่ 4 ติดแผ่นเหล็กเจาะรูโดยให้มีพื้นที่เป็นร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมดและมีการควบคุมปริมาณควันร้อนด้วยวาล์วผีเสื้อโดยเปิดวาล์วที่ 90 องศา

หมายเหตุ 1. เปิดวาล์วผีเสื้อที่มุม 45 องศา เป็นการลดพื้นที่ในการที่ควันร้อนจะออกจากปล่องไฟให้เหลือเพียงร้อยละ 50

2. เปิดวาล์วผีเสื้อที่มุม 90 องศา พื้นที่ของควันร้อนที่จะออกจากปล่องไฟจะเท่าเดิม

ตารางที่ 3.3 การทดสอบประสิทธิภาพเตาแบบที่ 2 โดยทดสอบในช่วงอุณหภูมิอากาศร้อนออก 65 - 70 องศาเซลเซียส และ 75 - 80 องศาเซลเซียส

การทดลองที่	อุณหภูมิอากาศเย็นเข้า (°ซ)	อุณหภูมิอากาศร้อนออก (°ซ)	อุณหภูมิปล่องไฟ (°ซ)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศร้อนออก (ก.ก./วินาที)	ปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ (ก.ก.)	ปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ (กิโลวัตต์)	ประสิทธิภาพของเตา (%)
1	30.6	70.2	143.2	0.115	12.1	3.76	54.3
	28.4	79.1	155.5	0.122	17.6	5.51	48.2
2	28.6	70.3	101.3	0.130	12.0	5.44	64.2
	28.4	80.6	110.4	0.130	13.0	6.86	74.8
3	32.8	66.6	149.5	0.169	24.0	5.06	34.5
	31.4	77.2	180.4	0.169	35.0	7.79	28.4
4	34.5	67.8	141.2	0.126	13.5	4.37	45.7
	39.2	80.4	148.6	0.124	12.3	5.36	60.5

การทดลองที่ 1 ทดสอบเตาแบบที่ 2 กรณีไม่มีการดัดแปลง ลักษณะของเตาดังรูปที่ 2.3

การทดลองที่ 2 ทดสอบเตาแบบที่ 2 กรณีที่มีการดัดแปลงให้อากาศเย็นเข้าด้านล่างของเตา ลักษณะของเตาดังรูปที่ 2.6

การทดลองที่ 3 ทดสอบเตาแบบที่ 2 กรณีที่มีการดัดแปลงให้อากาศเย็นผ่านเฉพาะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 2 ลักษณะของเตาดังรูปที่ 2.7

การทดลองที่ 4 ทดสอบเตาแบบที่ 2 กรณีที่มีการดัดแปลงให้อากาศเย็นผ่านเฉพาะอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชุดที่ 1 ลักษณะของเตาดังรูปที่ 2.8

ตารางที่ 3.4 การทดสอบประสิทธิภาพเตาแบบที่ 3 โดยทดสอบในช่วงอุณหภูมิอากาศร้อนออก 65 - 70 องศาเซลเซียส และ 75 - 80 องศาเซลเซียส

การทดลองที่	อุณหภูมิอากาศเย็นเข้า (°ซ)	อุณหภูมิอากาศร้อนออก (°ซ)	อุณหภูมิปล่องไฟ (°ซ)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศร้อนออก (ก.ก./วินาที)	ปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ (ก.ก.)	ปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ (กิโลวัตต์)	ประสิทธิภาพของเตา (%)
1	36.0	72.1	146.6	0.240	15.5	8.81	72.39
	34.8	70.9	144.5	0.240	15.5	8.81	72.39
2	35.0	80.2	164.0	0.240	20.5	11.03	67.75
	35.5	78.9	147.5	0.240	20.0	10.59	67.41

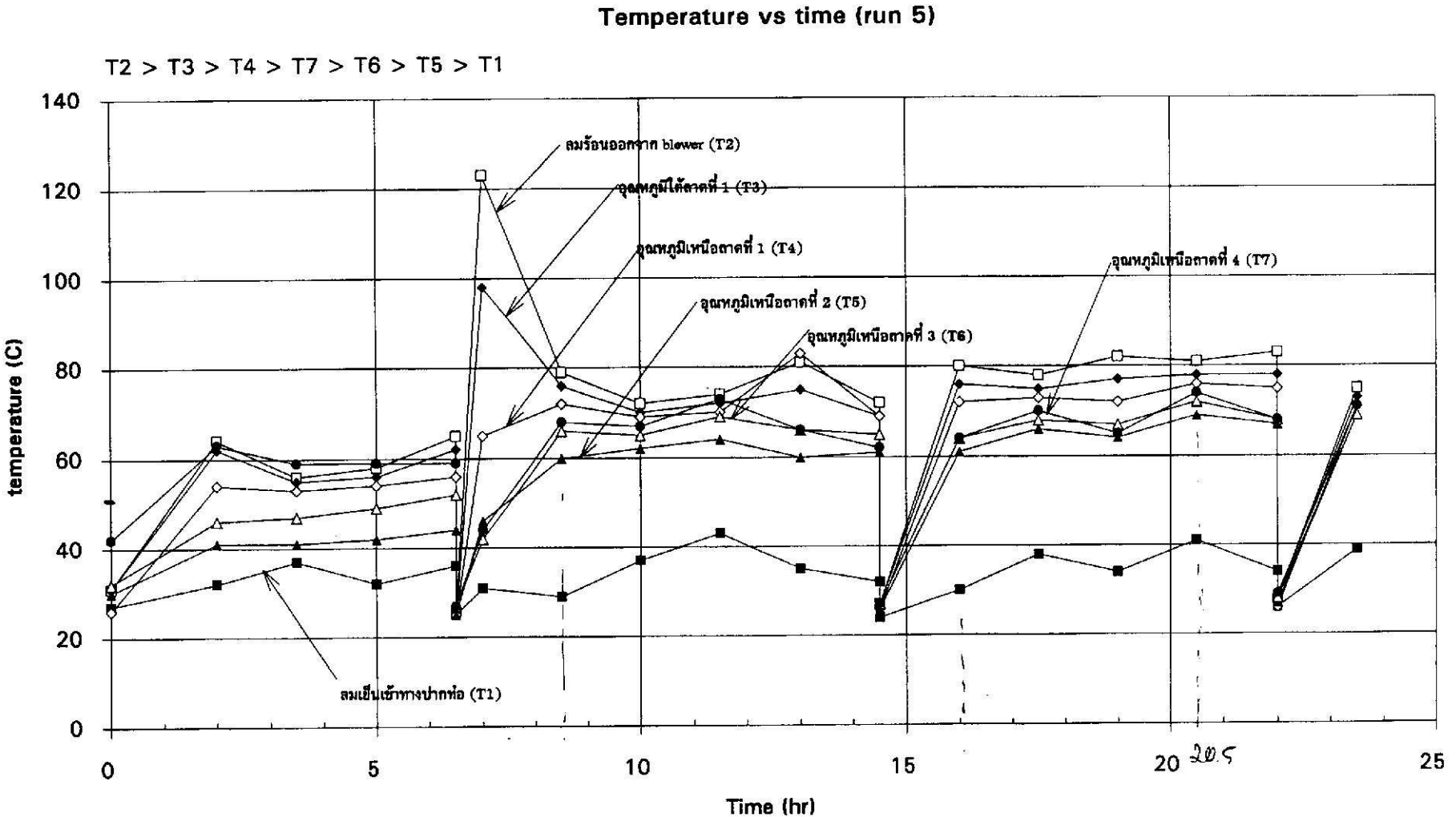
ก. การกระจายของอุณหภูมิภายในตู้อบ

จากรูปที่ 3.1 และ 3.2 แสดงการผันแปรของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในตู้อบแห้ง ในระหว่างการอบแห้งครั้งที่ 5 และ 6 อุณหภูมิในจุดที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดมีความแตกต่างกันมากในช่วง 7 - 8 ชั่วโมงแรกของการอบแห้ง ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุดเป็น 30 - 40 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดจะลดลง (ประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากว่าในช่วงแรกของการอบแห้ง กลไกการอบแห้งอยู่ในช่วงอัตราอบแห้งคงที่ (constant rate period) ที่ผิวของเมล็ดโกโก้อิ่มตัวด้วยน้ำ อัตราการระเหยของน้ำที่ผิวของเมล็ดควบคุมอัตราการอบแห้งความร้อนของอากาศที่เข้าไป ถูกนำไปใช้ในการระเหยน้ำในปริมาณมากทำให้อุณหภูมิของอากาศระหว่างชั้นลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้การผันแปรของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ สูงมากที่สุดในช่วงต้น

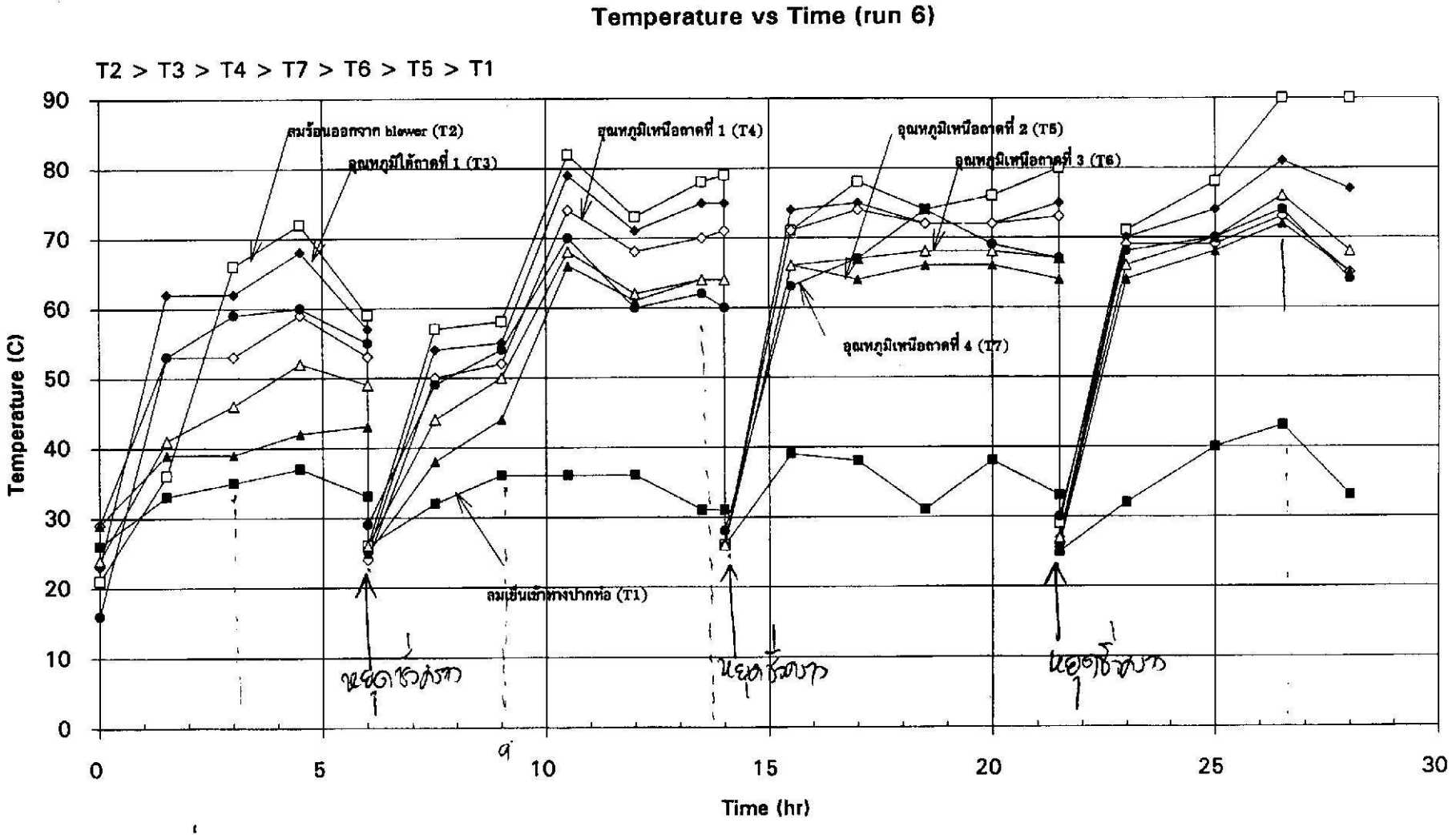
หลังจาก 7 - 8 ชั่วโมงแรกของการอบแห้งผ่านไป ซึ่งก็ตรงกับช่วงที่ความชื้นลดลงต่ำกว่าร้อยละ 24 กลไกการอบแห้งซึ่งถูกจำกัดโดยการระเหยของน้ำที่ผิว เปลี่ยนไปเป็นช่วงที่ถูกจำกัดโดยการแพร่ของน้ำที่อยู่ภายในเมล็ดมายังบริเวณผิวเมล็ด เป็นช่วงที่อัตราการอบแห้งลดลง (falling rate period) ความร้อนที่ถูกนำไปใช้ในการระเหยน้ำจึงลดลงทำให้อุณหภูมิของอากาศตรงตำแหน่งที่เข้าตู้อบ ไม่แตกต่างจากตำแหน่งอื่น ๆ มากนัก ความร้อนส่วนใหญ่สูญเสียไปกับอากาศที่ออกไปจากตู้อบ

จากรูปที่ 3.1 และ 3.2 จะสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่าระดับอุณหภูมิของอากาศที่จุดต่าง ๆ แบ่งออกเป็นสองช่วงใหญ่ ๆ คือ ช่วงก่อนที่ความชื้นลดลงต่ำกว่าร้อยละ 24 ซึ่งช่วงนี้ควบคุมให้อุณหภูมิของอากาศร้อนที่เข้าไปมีค่าประมาณ 60 องศาเซลเซียส และช่วงที่ความชื้นลดลงต่ำกว่าร้อยละ 24 ซึ่งควบคุมให้มีอุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส

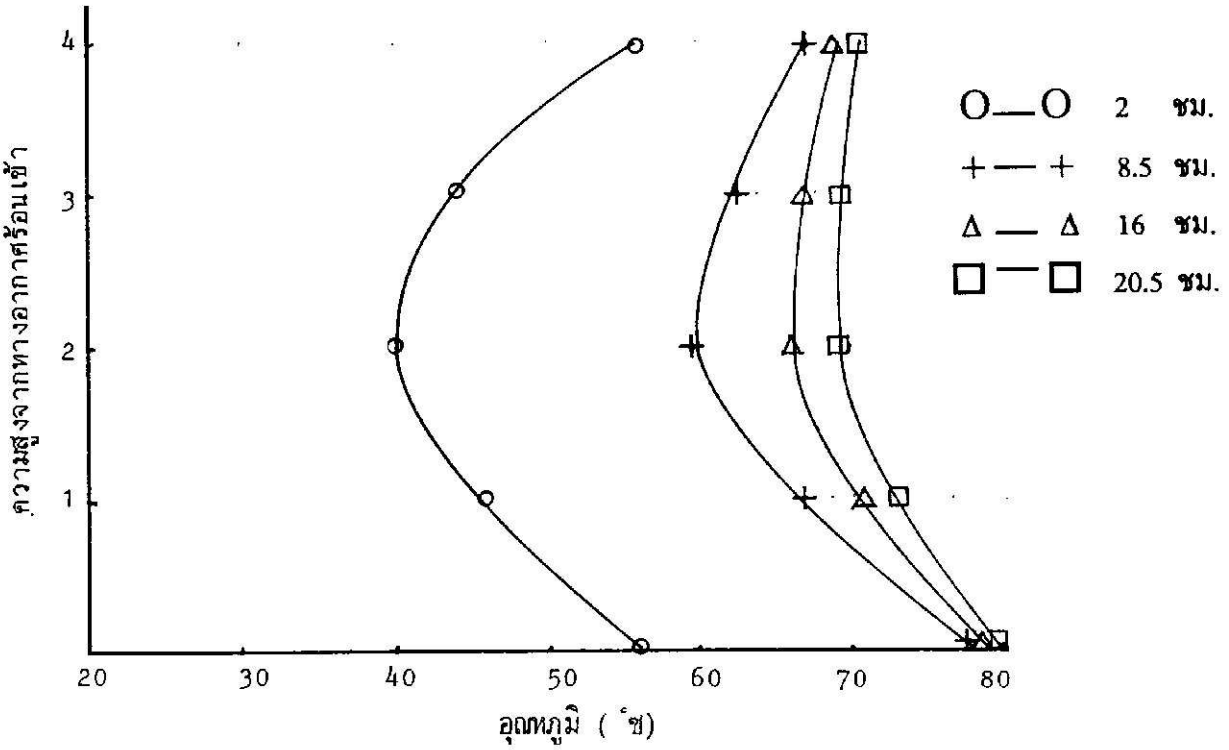
การกระจายของอุณหภูมิในเครื่องอบแห้งมีความซับซ้อนมาก ขึ้นอยู่กับกระแสการไหลของอากาศ (air flow pattern) ภายในตู้อบ (รูปที่ 3.3 และ 3.4) ในกรณีที่ไม่มีแสงแดด อุณหภูมิของอากาศจะต่ำลง เมื่อเครื่องผ่านตำแหน่งที่สูงขึ้นไปด้านบนของตู้อบ (การทดลองที่ 6 ที่ 9 - 13 ชม. ของการอบ) เนื่องจากอากาศได้สูญเสียความร้อนให้กับน้ำที่ระเหยออกจากเมล็ดโกโก้ และไม่มีความร้อนจากแหล่งอื่นมาชดเชย แต่ถ้าช่วงไหนมีแสงแดดดี (เช่น ในการทดลองที่ 5 ตลอดการอบ และการทดลองที่ 6 ในช่วงก่อน 9 ชม. ของการอบ) พบว่าบริเวณด้านบนสุดซึ่งได้รับแสงแดดโดยตรงและที่ถัดลงมา (ชั้นที่ 4 และชั้นที่ 3) มีอุณหภูมิ



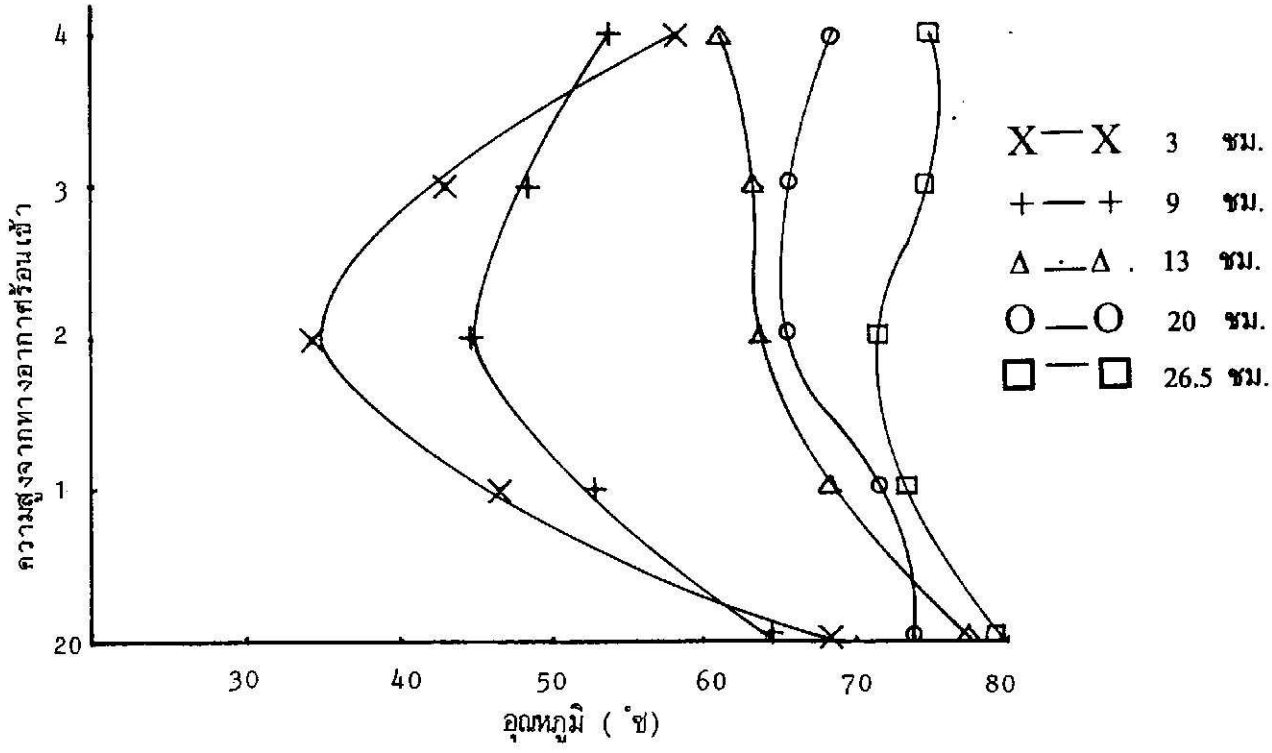
รูปที่ 3.1 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของตำแหน่งต่าง ๆ ในตู้อบแห้งกับเวลาของการทดลองครั้งที่ 5



รูปที่ 3.2 อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของตำแหน่งต่าง ๆ ในตู้อบแห้งกับเวลาของการทดลองครั้งที่ 6



รูปที่ 3.3 โปรไฟล์ของอุณหภูมิในตู้อบที่เวลาต่าง ๆ ของการอบแห้ง



รูปที่ 3.4 โปรไฟล์ของอุณหภูมิในตู้อบที่เวลาต่าง ๆ ของการอบแห้ง

สูงกว่าอุณหภูมิเหนือถาดที่อยู่กลาง ทำให้โปรไฟล์ของอุณหภูมิตามความสูงคล้ายรูปพาลาโบลา ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ในเวลานั้น

ข. การกระจายของอุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของเมล็ดโกโก้

รูปที่ 3.5 และ 3.6 แสดงแนวโน้มของการกระจายตัวของอุณหภูมิของเมล็ดโกโก้ พบว่าอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของเมล็ดโกโก้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศที่ล้อมรอบโดยตรงกล่าวคือ อุณหภูมิเฉลี่ยของเมล็ดโกโก้ในถาดจะผันแปรกับอุณหภูมิของอากาศในบริเวณนั้น แต่อุณหภูมิของเมล็ดในถาดเดียวกันอาจจะแตกต่างกันถึง 5 - 16 องศาเซลเซียส ในช่วงต้นของการอบแห้งและความแตกต่างไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส ในช่วงหลัง 10 ชม. ของการอบ

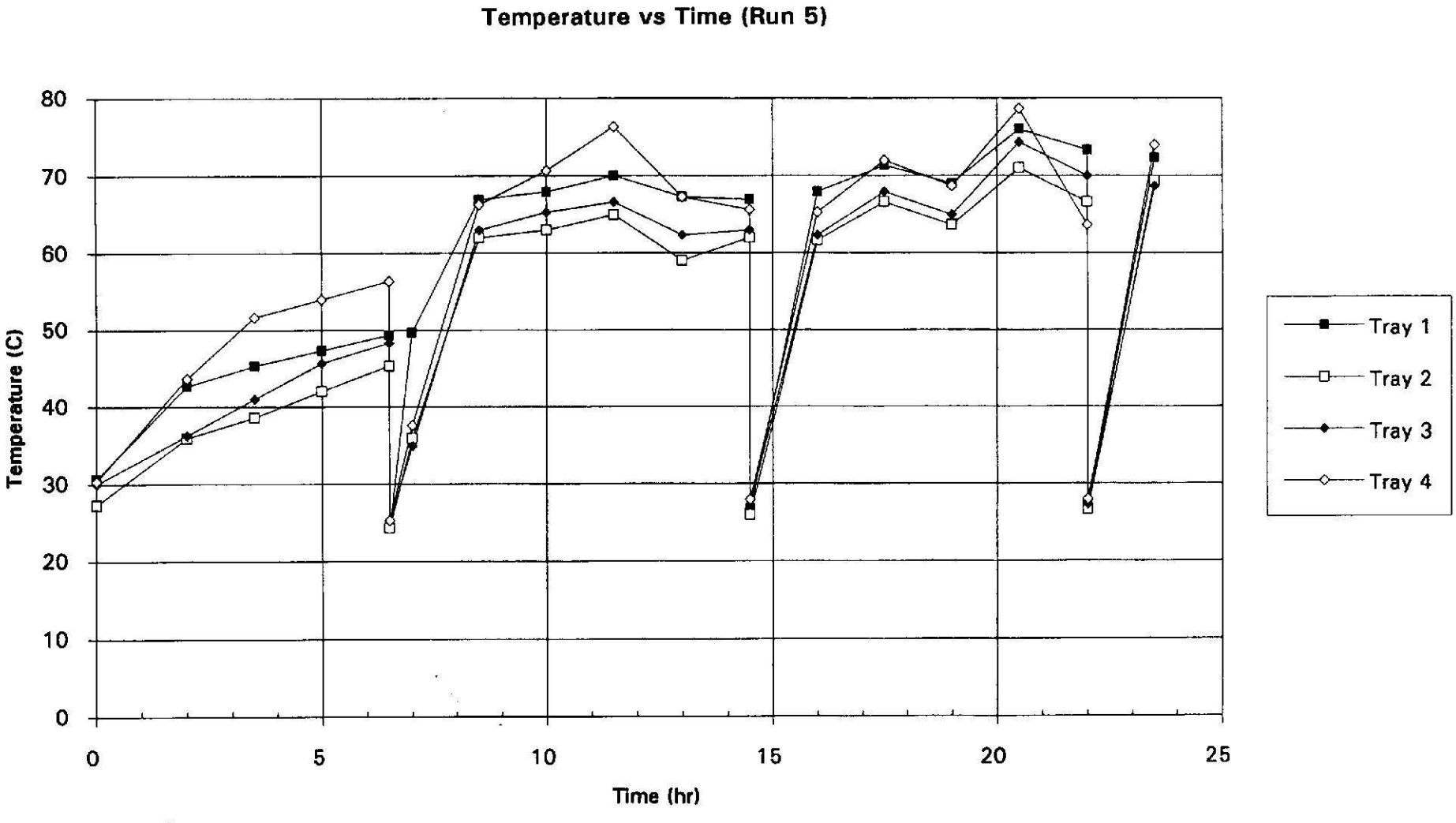
แสงแดดมีผลต่อการกระจายของอุณหภูมิในเมล็ดโกโก้บนถาดต่าง ๆ ทำนองเดียวกันกับที่มีผลต่ออุณหภูมิของอากาศที่ล้อมรอบ ในช่วงอบแห้งที่ไม่มีแสงแดดหรือแสงแดดไม่ดี อุณหภูมิของโกโก้ในถาดที่อยู่ต่ำซึ่งได้รับอากาศร้อนที่ผ่านขึ้นมาจากถาดที่ 1 จะมีอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิในถาดที่สูงขึ้นไปจะลดลงตามลำดับ ถ้ามีแสงแดดดี ชั้นบน (ชั้นที่ 3 และ 4) จะได้รับพลังงานจากแสงแดดและมีอุณหภูมิที่สูงกว่าชั้นที่อยู่กลาง

นอกจากนั้นแล้วจากข้อมูลดิบของการกระจายอุณหภูมิในเมล็ดโกโก้บนถาดเดียวกันพบว่า อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดอาจแตกต่างกันมากกว่า 5 องศาเซลเซียส

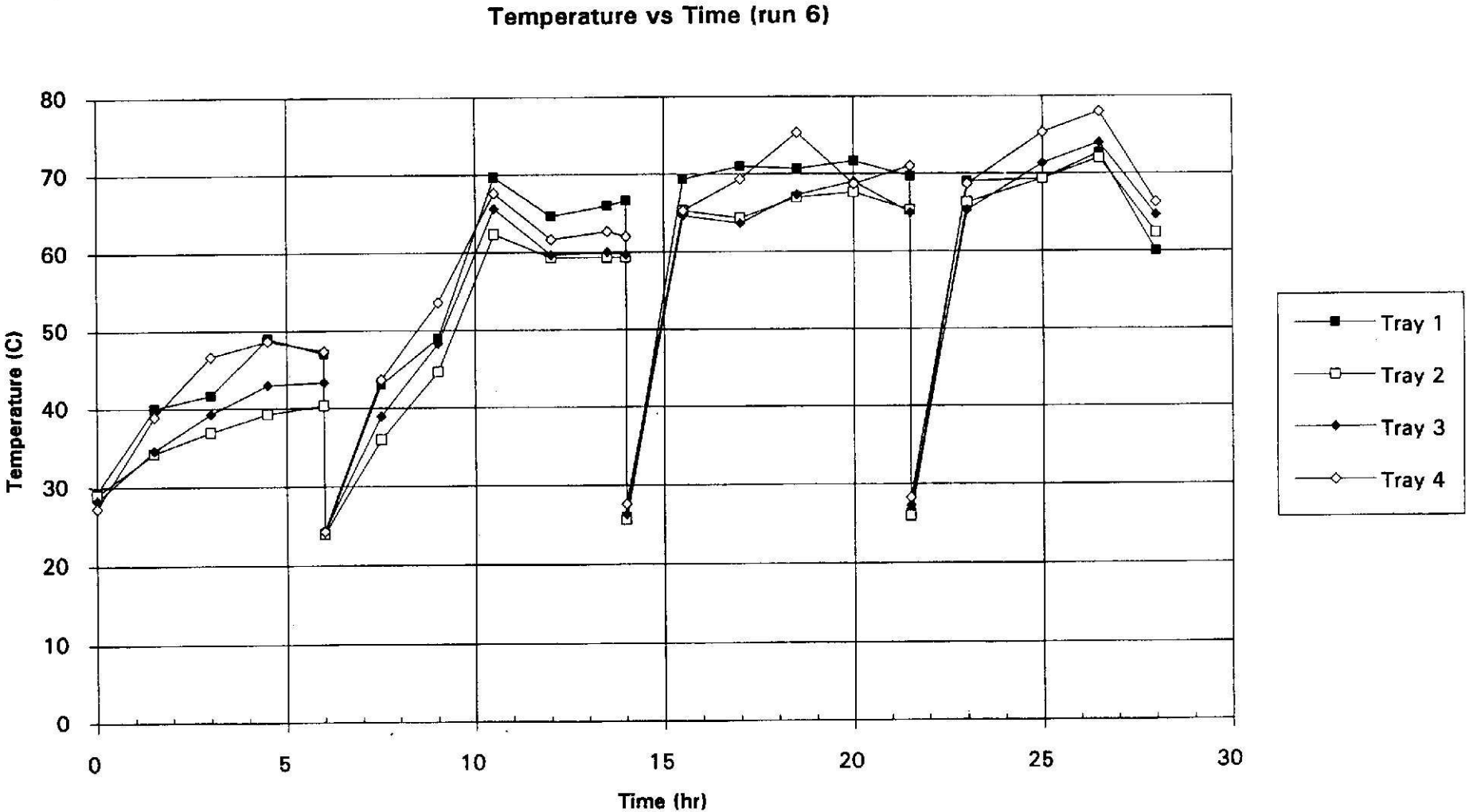
ค. อัตราการอบแห้ง

ในการทดลองสองครั้งสุดท้าย (ครั้งที่ 5 และ 6) การกระจายตัวของอากาศในแต่ละถาดในการทดลองครั้งที่ 6 มีความสม่ำเสมอมากที่สุด เพราะมีการปรับลิ้นทางเข้าอากาศร้อนทางด้านล่างให้พอดี อีกทั้งในครั้งที่ 6 ในช่วงท้ายของการอบเป็นช่วงที่แสงแดดไม่ดีในช่วงหลัง 10 ชั่วโมงหลังของการอบแห้ง การลดลงของความชื้นของเมล็ดโกโก้ของแต่ละชั้นในช่วงนี้จึงมีความใกล้เคียงกันอย่างมาก

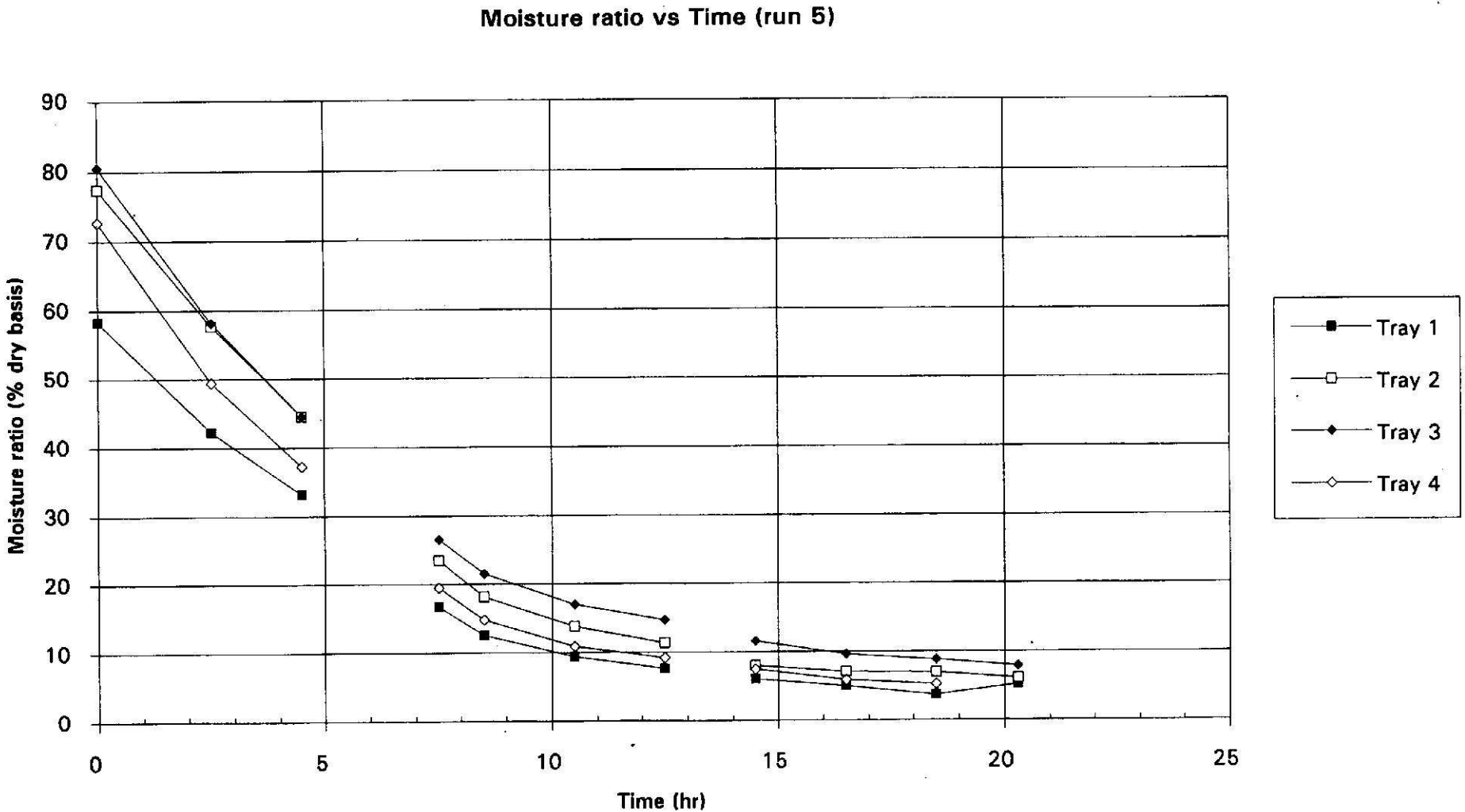
ในการทดลองที่ 5 เป็นการทดลองที่แสดงผลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ออัตราการระเหยของน้ำได้ชัดเจนที่สุด จากรูปที่ 3.7 จะเห็นว่าอัตราการลดลงของสัดส่วนความชื้นในถาดที่ 1 (ต่ำสุด) มีค่าสูงสุด ทั้งนี้ก็เพราะว่าเมล็ดโกโก้ได้สัมผัสกับอากาศร้อนโดยตรงซึ่งมีอุณหภูมิสูงสุดและมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดอัตราการระเหยของน้ำจึงต่ำสุด ถาดที่มีอัตราการระเหยของน้ำรองลงมาคือถาดบนสุด (ถาดที่ 4) ซึ่งเป็นถาดที่มีอุณหภูมิ



รูปที่ 3.5 อุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของเมล็ดโกโก้ขณะอบแห้งที่ชั้นต่าง ๆ ของการทดลองที่ 5



รูปที่ 3.6 อุณหภูมิที่จุดศูนย์กลางของเมล็ดโกโก้ขณะอบแห้งที่ชั้นต่าง ๆ ของการทดลองที่ 6



รูปที่ 3.7 อัตราส่วนความชื้นต่อเวลาของเมล็ดโกโก้ของการทดลองครั้งที่ 5

ใกล้เคียงกับถาดต่ำสุด (ถาดที่ 1) เพราะได้รับแสงแดดโดยตรง ถึงแม้ว่าที่ตำแหน่งนี้อากาศจะมีความชื้นสูงสุดก็ตาม (แต่ความชื้นสัมพัทธ์อาจจะไม่สูงสุด) ส่วนถาดที่อยู่กลางเป็นถาดที่มีอัตราการระเหยต่ำสุดโดยถาดที่ 3 จะแห้งช้ากว่าถาดที่ 2 ทั้ง ๆ ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเล็กน้อย ทั้งนี้คงเนื่องมาจากว่าอากาศเหนือถาดที่ 3 มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าถาดที่ 2

ง. การเปรียบเทียบเวลาการอบแห้งระหว่างการอบ แบบชั้นบาง (ไม่มีการกวนหรือกลับเมล็ดโกโก้ในระหว่างการอบแห้ง) และการอบที่มีการกวน

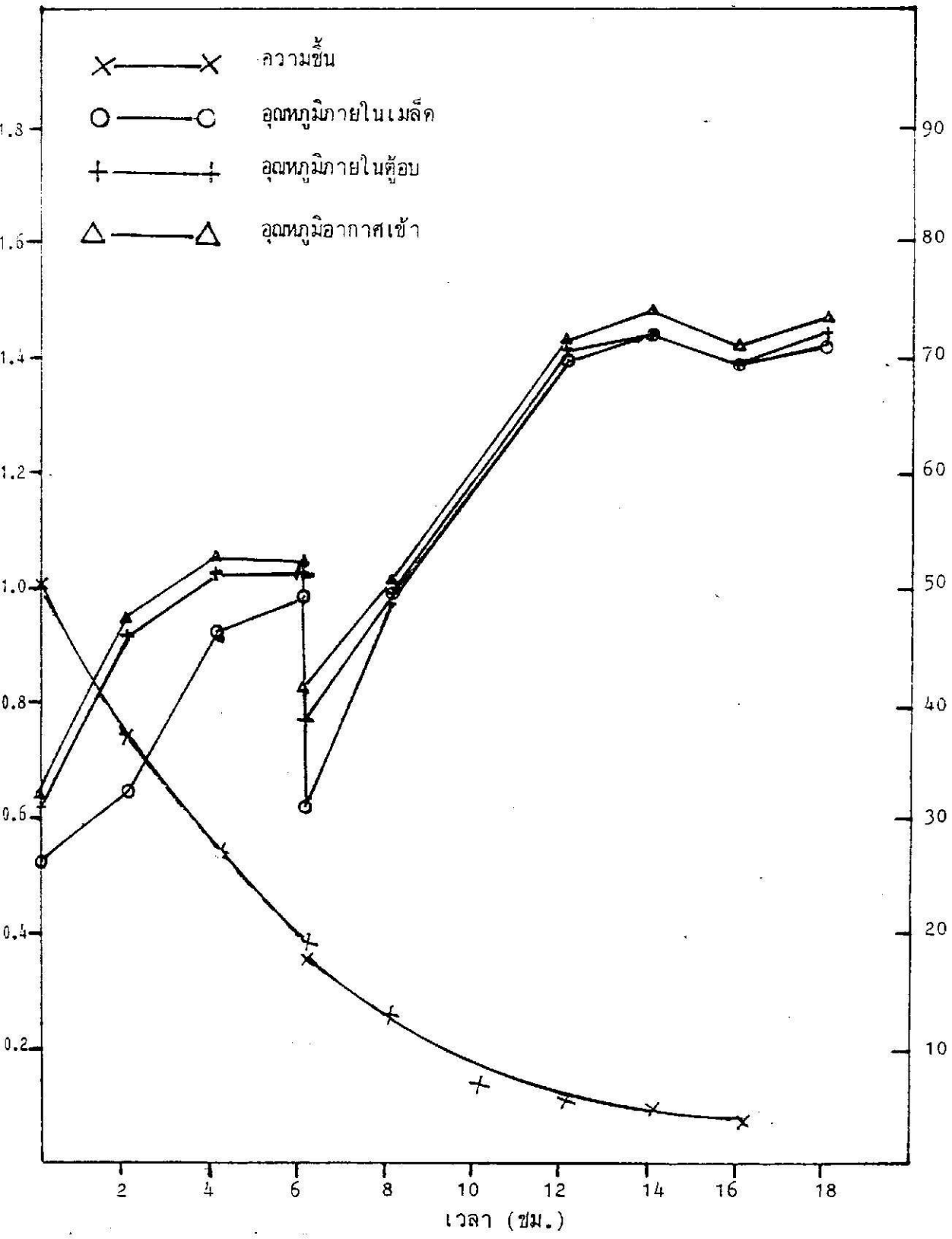
การอบแห้งเมล็ดโกโก้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ระยะ ระยะแรกเป็นช่วงต้นของการอบที่มีอัตราการอบแห้งเกือบคงที่ ซึ่งเรียกว่า constant rate period และช่วงที่ 2 หลังจากความชื้นของเมล็ดโกโก้ลดลง ต่ำกว่าร้อยละ 24 เป็นช่วงที่การแพร่ของน้ำภายในเมล็ดมาสู่ผิวของเมล็ดโกโก้ เป็นกลไกที่จำกัดอัตราการอบแห้งเรียกว่า falling rate period เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอบในช่วงแรกพบว่า 7 - 8 ชั่วโมง ไม่ว่าจะเป็นการอบแบบชั้นบาง หรือแบบชั้นหนาที่มีการกวน ซึ่งแสดงว่าวิธีการอบแห้ง ไม่มีผลต่ออัตราการระเหยของน้ำ ในการอบช่วงนี้ ถ้าผิวของเมล็ดโกโก้มีโอกาสสัมผัสกับอากาศเต็มที่ ในระยะที่ 2 ซึ่งเป็นระยะสุดท้ายเริ่มจากเมล็ดโกโก้มีความชื้น ร้อยละ 24 จนกระทั่งมีความชื้นต่ำกว่า ร้อยละ 8 พบว่า การอบแห้งแบบชั้นบาง ซึ่งไม่มีการกวนหรือพลิกกลับจะต้องใช้เวลาในช่วงนี้ถึง 15 - 20 ชั่วโมง ขึ้นกับสภาวะแวดล้อมระหว่างการอบในช่วงนั้น ในขณะที่การอบแห้งชั้นหนาที่มีการกวนใช้เวลาเพียง 8 - 10 ชั่วโมง เมื่อรวมเวลาทั้งหมดแล้ว การอบแห้งแบบชั้นบางที่ไม่มีการกวนหรือกลับเมล็ดโกโก้ จะต้องใช้เวลาในการอบแห้งรวม 20 - 25 ชั่วโมง ในขณะที่การอบแห้งแบบชั้นหนาที่มีการกวนใช้เวลาเพียง 15 - 18 ชั่วโมงเท่านั้น

จะเห็นได้ว่า ความแตกต่างของเวลาในการอบแห้งนั้น เกิดจากความแตกต่างของเวลาในช่วง falling rate period ซึ่งชี้ให้เห็นว่ากลไกของการเคลื่อนย้ายและการกระจายความชื้นในเมล็ดโกโก้ในการอบแห้งทั้ง 2 แบบ มีความแตกต่างกัน ในกรณีที่ไม่มีการกวนหรือกลับเมล็ดโกโก้ เมื่อเมล็ดโกโก้ได้ผ่านการอบแห้งของช่วงแรกไปแล้วเมล็ดโกโก้มีแนวโน้มที่จะเกาะตัวเป็นก้อนแข็งทำให้อากาศไม่สามารถแทรกผ่านได้สะดวก จึงเป็นเสมือนว่าเมล็ดโกโก้มีขนาดปรากฏใหญ่กว่าเมล็ดจริง ทำให้การแพร่ของน้ำจากเนื้อในเมล็ดมายังบริเวณที่สัมผัสกับอากาศช้าลง และพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเมล็ดโกโก้กับอากาศลดลงอีกด้วย

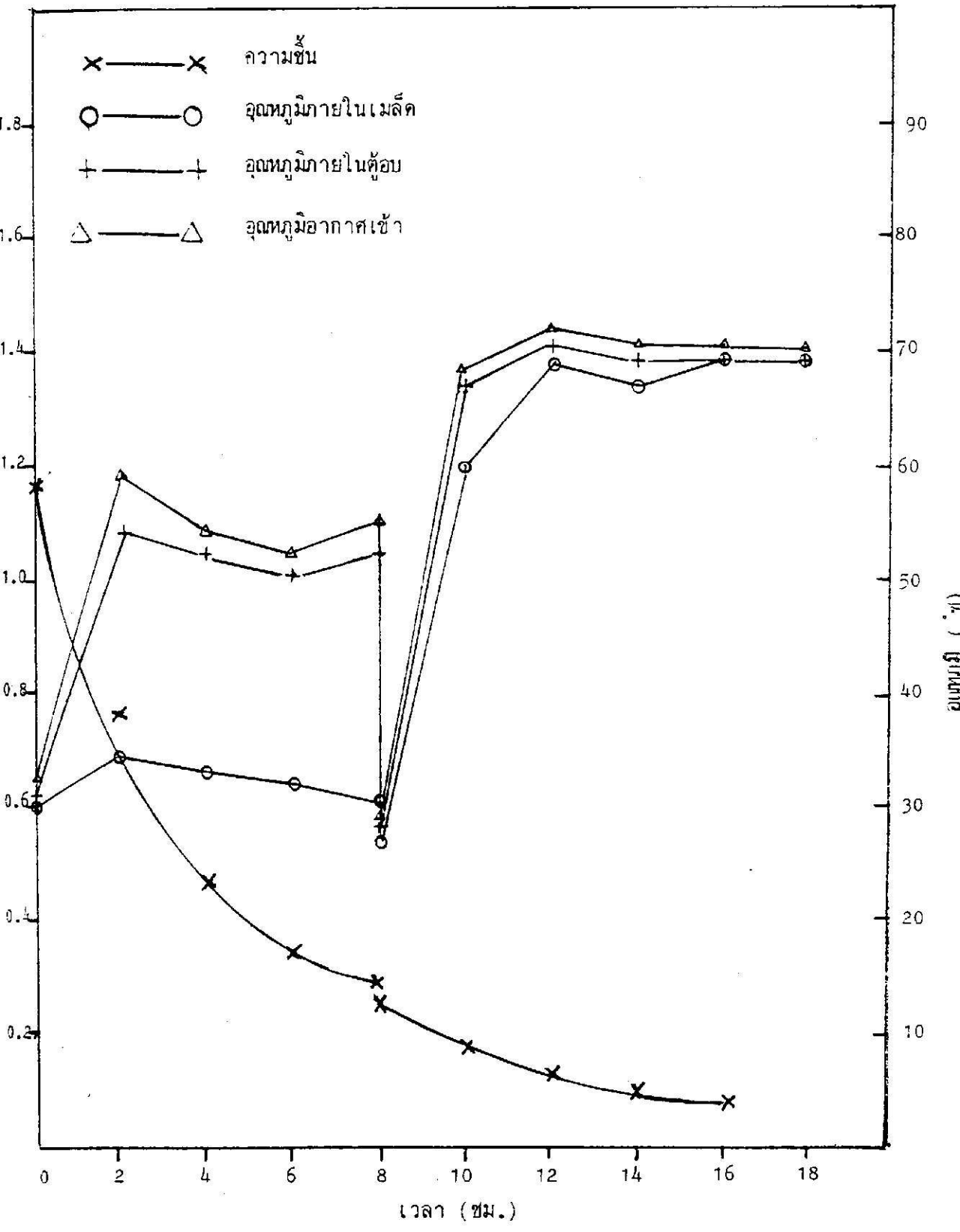
การกวนหรือการกลับจะทำให้เมล็ดที่จับกันเป็นก้อน แยกออกจากกันและอาจทำให้เกิดรอยปริแยกของเปลือกหุ้มเมล็ดโกโก้ นอกจากนี้เมล็ดโกโก้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศมากขึ้น จึงมีผลทำให้เวลาในการอบแห้งช่วงนี้สั้นลง

2. การพัฒนาตู้อบแห้งแบบมีเครื่องกวน การทดลองชุดที่ 1 และชุดที่ 2 เป็นการศึกษาผลของลักษณะของใบกวนต่อประสิทธิภาพการทำแห้งเมล็ดโกโก้โดยใช้ใบกวนแบบ A และแบบ B ในตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้กับเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3 พบว่าใบกวนแบบ B ซึ่งมีลักษณะตัวใบกวนเอียงไปจากแนวตั้งฉาก 2 เซนติเมตร (รูปที่ 2.13) จะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำแห้งเมล็ดโกโก้ในทางบวก ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณไม้ยางพาราที่ใช้และปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม น้อยกว่าใบกวนแบบ A (ตารางที่ 3.5) ทั้งนี้เนื่องจากใบกวนแบบ B สามารถกวนให้อากาศร้อนไหลผ่านชั้นเมล็ดโกโก้ได้อย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ในขณะที่ใบกวนแบบ A ทำให้เกิดช่อง (channel) ที่อากาศร้อนไหลผ่านสะดวกจึงทำให้การกระจายตัวของอากาศร้อนผ่านชั้นเมล็ดโกโก้ไม่ทั่วถึงและสม่ำเสมอ ซึ่งจะเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดโกโก้ (รูปที่ 3.8 และ 3.9) อุณหภูมิของเมล็ดโกโก้ในตู้อบแห้งที่ใช้ใบกวนแบบ B จะค่อนข้างคงที่ทั้งสองช่วงอุณหภูมิ (50 $^{\circ}$ซ และ 70 $^{\circ}$ซ) และความชื้นจะลดลงเร็วกว่า (รูปที่ 3.9) เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของเมล็ดโกโก้ในตู้อบแห้งที่ใช้ใบกวนแบบ A (รูปที่ 3.8) ซึ่งไม่คงที่และความชื้นลดลงช้ากว่า

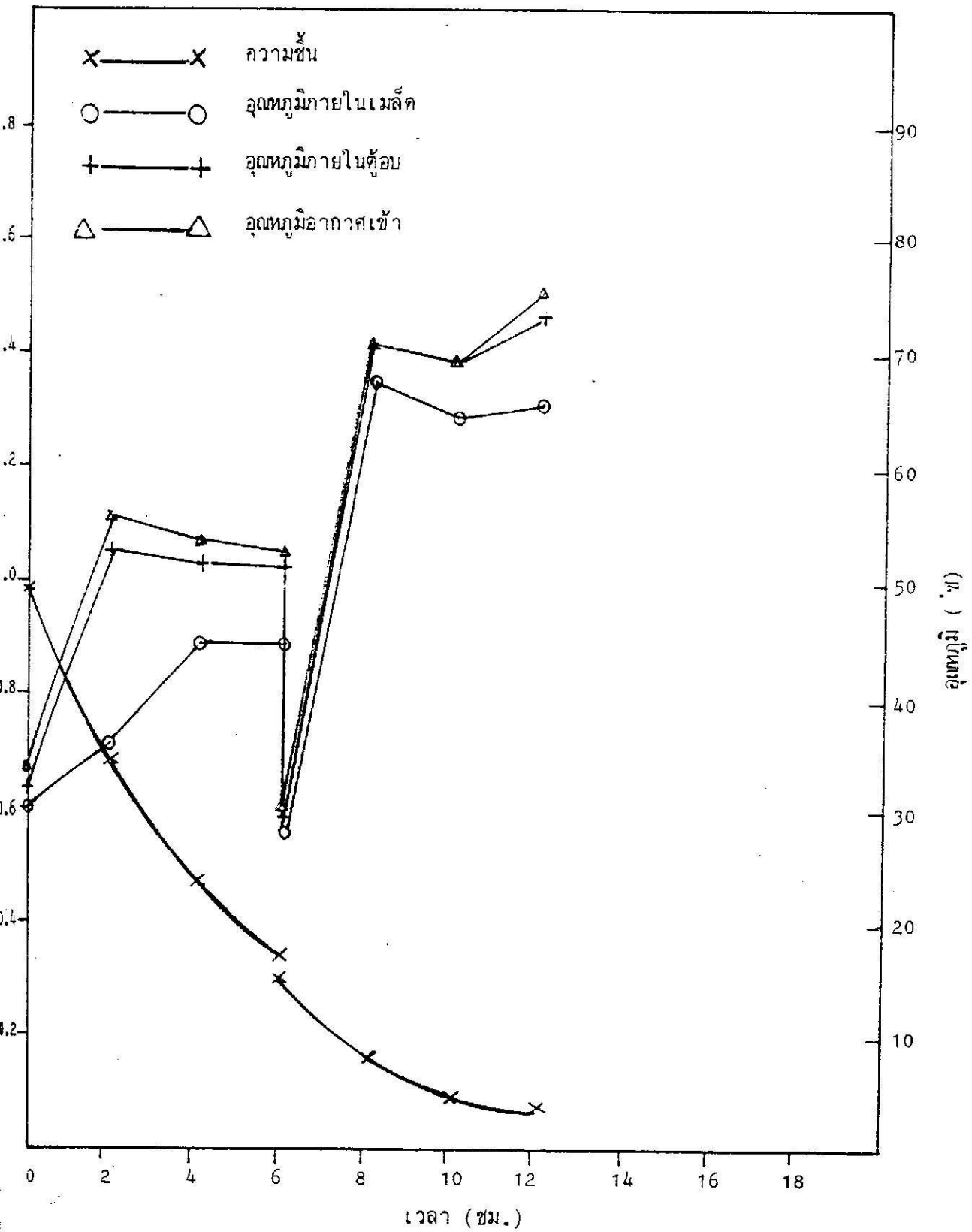
ส่วนการทดลองชุดที่ 3 ต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำแห้งเมล็ดโกโก้ระหว่างเตาให้พลังงานความร้อน แบบที่ 2 กับเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3 ในการทดลองชุดที่ 2 จากตารางที่ 3.5 รูปที่ 3.9 และ 3.10 พบว่าเตาให้ความร้อนแบบที่ 3 ในการทดลองชุดที่ 2 ให้ประสิทธิภาพการอบแห้งเมล็ดโกโก้สูงกว่าเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2 ในการทดลองชุดที่ 3 จะเห็นได้จากปริมาณไม้ยางพาราที่ใช้และพลังงานความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ 1 กิโลกรัมน้อยกว่า ทั้งนี้เพราะว่าเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3 มีอัตราการไหลเชิงมวลอากาศสูงกว่าเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2



รูปที่ 3.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิในเมล็ดและตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้แบบที่มีใบกวนชนิด A และเตาแบบที่ 3



รูปที่ 3.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิในเมล็ดและตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้ แบบที่มีใบกวนชนิด B และเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 3



รูปที่ 3.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิในเมล็ดและตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้ แบบที่มีใบกวนชนิด B และเตาให้พลังงานความร้อนแบบที่ 2

ตารางที่ 3.5 ผลการอบแห้งเมล็ดโกโก้ในระดับห้องปฏิบัติการ : อุณหภูมิ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม อัตราการไหลเชิงมวลอากาศ ความชื้นหลังการทำแห้ง ปริมาณไม้ยางพารา และเวลาทำแห้ง

การทดลอง	อุณหภูมิ (o ซ)	พลังงานความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ 1 กก. (กิโลจูล / กิโลกรัมน้ำที่ระเหย)	อัตราการไหลเชิงมวลอากาศ (กิโลกรัม / วินาที)	ความชื้นหลังทำแห้ง (%)	ปริมาณไม้ยางพารา (กิโลกรัม)	เวลาทำแห้ง (ชั่วโมง)
ชุดที่ 1	50	11462.1	0.235	5.79	61	16
	70	36251.5				
ชุดที่ 2	50	6785.7	0.235	5.92	42.5	16
	70	29353.9				
ชุดที่ 3	50	14139.0	0.130	7.15	62	13
	70	28820.1				

หมายเหตุ : ชุดที่ 1 อบโดยใช้เตาแบบที่ 3 กับใบกวนแบบ A
ชุดที่ 2 อบโดยใช้เตาแบบที่ 3 กับใบกวนแบบ B
ชุดที่ 3 อบโดยใช้เตาแบบที่ 2 กับใบกวนแบบ B

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบ

ตัวอย่างเมล็ดโกโก้ก่อนและหลังอบภายใต้สภาวะต่าง ๆ ได้แก่ การอบแห้งด้วยตู้อบแห้งแบบชั้นบาง และตู้อบแห้งแบบมีเครื่องกวน มาศึกษาคุณภาพที่สำคัญ ได้ผลดังตารางที่ 3.6

จากตารางที่ 3.7 พบว่า การตากแห้งเมล็ดโกโก้ด้วยตู้อบแบบชั้นบาง และการอบแห้งด้วยเตาแบบที่ 2 และใช้ตู้อบแบบที่เครื่องกวน B จะให้เมล็ดโกโก้แห้งที่มีสีม่วงและหินชนวนมากกว่าแบบอื่น ๆ สีของเมล็ดโกโก้แห้งที่ต้องการนั้น จะต้องเป็นสีน้ำตาลของช็อกโกแลต ถ้าได้สีเมล็ดโกโก้แห้งที่มีสีม่วง แสดงว่า กระบวนการหมักไม่เพียงพอ (inadequate) และลักษณะเนื้อสัมผัสจะนิ่มเละ เช่นเดียวกับเมล็ดที่มีสีหินชนวน ซึ่งเกิดจากเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการหมัก (unfermented) ดังนั้นสีเมล็ดที่มีสีม่วงและสีหินชนวนจึงไม่เป็นที่ต้องการ ฉะนั้นในการซื้อขายเมล็ดโกโก้แห้ง ถ้าเป็นเกรด 1 จะต้องมีเมล็ดสีน้ำหินชนวนไม่เกินร้อยละ 3 ในขณะที่เกรด 2 จะมีได้ไม่เกินร้อยละ 8

ตารางที่ 3.6 คุณภาพเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบแห้ง

ตัวอย่าง	ความชื้น			พีเอช			กรดทั้งหมด		
	หลังหมัก	ที่ความชื้น 24%	ที่ความชื้น 7%	หลังหมัก	ที่ความชื้น 24%	ที่ความชื้น 7%	หลังหมัก	ที่ความชื้น 24%	ที่ความชื้น 7%
ชุดที่ 1	55.195 ± 2.737	23.100 ± 4.313	5.79 ± 0.764	4.825 ± 0.035	4.74 ± 0.021	4.73 ± 0.106	2.238 ± 0.165	2.097 ± 0.016	2.298 ± 0.175
ชุดที่ 2	54.065 ± 0.516	21.380 ± 3.366	5.92 ± 0.240	4.74 ± 0.028	4.89 ± 0.014	4.74 ± 0.085	2.128 ± 0.368	1.822 ± 0.285	1.932 ± 0.354
ชุดที่ 3	44.315 ± 5.296	23.865 ± 3.033	7.15 ± 1.930	5.18 ± 0.035	4.73 ± 0.021	4.87 ± 0.007	1.462 ± 0.054	2.095 ± 0.098	1.765 ± 0.098
ชุดที่ 4	56.915 ± 3.373	-	-	4.78 ± 0.106	-	-	1.866 ± 0.127	-	-
ถาด 1	-	25.365 ± 9.238	9.095 ± 3.288	-	4.78 ± 0.035	4.85 ± 0.064	-	1.847 ± 0.057	1.982 ± 0.079
ถาด 2	-	32.815 ± 1.704	9.020 ± 2.772	-	4.80 ± 0.064	4.93 ± 0.042	-	1.942 ± 0.182	1.824 ± 0.041
ถาด 3	-	30.265 ± 3.048	7.19 ± 0.311	-	4.75 ± 0.000	4.96 ± 0.078	-	1.994 ± 0.078	1.745 ± 0.076
ถาด 4	-	24.300 ± 4.356	7.80 ± 1.400	-	4.80 ± 0.014	4.82 ± 0.071	-	1.880 ± 0.154	2.023 ± 0.307
ตากแดด	52.73 ± 0.863	-	6.873 ± 1.439	4.74 ± 0.120	-	5.19 ± 0.219	2.239 ± 0.216	-	1.364 ± 0.256

หมายเหตุ ชุดที่ 1 อบโดยใช้เตาแบบที่ 3 และตู้อบแบบกวนโดยใช้ใบกวนแบบ A
ชุดที่ 2 อบโดยใช้เตาแบบที่ 3 และตู้อบแบบกวนโดยใช้ใบกวนแบบ B
ชุดที่ 3 อบโดยใช้เตาแบบที่ 2 และตู้อบแบบกวนโดยใช้ใบกวนแบบ B
ชุดที่ 4 อบโดยใช้เตาแบบที่ 2 และตู้อบแบบชั้นบาง

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

ตัวอย่าง	กรดระเหย			กรดแลคติก			ดัชนีการหมัก		
	หลังหมัก	ที่ความชื้น 24%	ที่ความชื้น 7%	หลังหมัก	ที่ความชื้น 24%	ที่ความชื้น 7%	หลังหมัก	ที่ความชื้น 24%	ที่ความชื้น 7%
ชุดที่ 1	1.170 ± 0.100	1.087 ± 0.124	0.977 ± 0.241	0.131 ± 0.083	-	0.159 ± 0.036	-	0.958 ± 0.045	0.993 ± 0.015
ชุดที่ 2	1.070 ± 0.328	0.918 ± 0.284	0.736 ± 0.244	0.080 ± 0.000	-	0.135 ± 0.016	-	0.897 ± 0.074	0.876 ± 0.052
ชุดที่ 3	0.359 ± 0.013	0.748 ± 0.085	0.327 ± 0.021	0.144 ± 0.036	-	0.266 ± 0.120	-	0.874 ± 0.004	0.973 ± 0.064
ชุดที่ 4	0.821 ± 0.033	-	-	0.226 ± 0.080	-	-	0.909 ± 0.040	-	-
ถาด 1	-	0.819 ± 0.101	0.752 ± 0.136	-	0.321 ± 0.032	0.232 ± 0.091	-	0.948 ± 0.062	0.995 ± 0.122
ถาด 2	-	0.955 ± 0.061	0.566 ± 0.082	-	0.292 ± 0.061	0.235 ± 0.089	-	0.968 ± 0.113	1.065 ± 0.023
ถาด 3	-	0.887 ± 0.015	0.458 ± 0.134	-	0.312 ± 0.132	0.242 ± 0.123	-	0.998 ± 0.175	1.139 ± 0.069
ถาด 4	-	0.848 ± 0.000	0.716 ± 0.019	-	0.272 ± 0.093	0.250 ± 0.105	-	0.976 ± 0.218	1.095 ± 0.022
ตากแดด	1.141 ± 0.192	-	0.525 ± 0.099	0.118 ± 0.033	-	0.135 ± 0.003	-	-	0.881 ± 0.104

หมายเหตุ ชุดที่ 1 อบโดยใช้เตาแบบที่ 3 และตู้อบแบบกวนโดยใช้ใบกวนแบบ A
ชุดที่ 2 อบโดยใช้เตาแบบที่ 3 และตู้อบแบบกวนโดยใช้ใบกวนแบบ B
ชุดที่ 3 อบโดยใช้เตาแบบที่ 2 และตู้อบแบบกวนโดยใช้ใบกวนแบบ B
ชุดที่ 4 อบโดยใช้เตาแบบที่ 2 และตู้อบแบบชั้นบาง

ตารางที่ 3.7 การตรวจสอบสีของเมล็ดโกโก้แห้ง

ตัวอย่าง	จำนวนเมล็ด (ร้อยละของเมล็ด)			
	สีน้ำตาล	สีน้ำตาลแกมม่วง	สีม่วง	หินชนวน
ชุดที่ 1	55	22.5	5	17.5
ชุดที่ 2	60	2.5	20.2	17.5
ชุดที่ 3	2.5	27.5	40	30
ชุดที่ 4	42.5	13.8	23.5	20

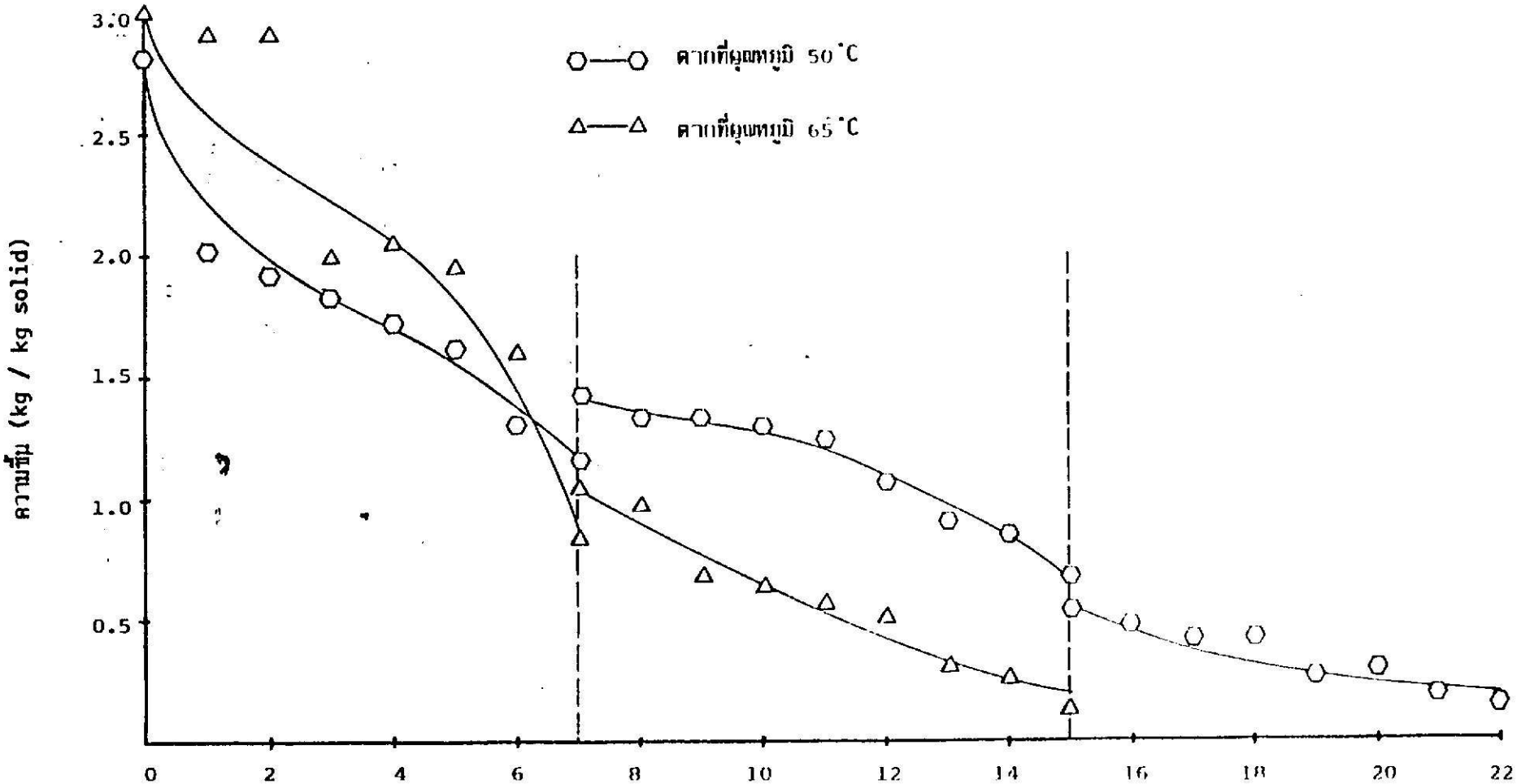
3.4 การใช้ตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้กับผลิตผลเกษตรอื่น ๆ ในระดับห้องปฏิบัติการ

1. การอบแห้งพริก การอบแห้งพริกที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ 65 องศาเซลเซียส ความสูง 6.5 - 7 ซ.ม. และ 12 ซ.ม. ได้ผลดังตารางที่ 3.8 และรูปที่ 3.11 ถึง 3.14

2. การอบแห้งมะพร้าว จากการทดลองใช้ ตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้ระดับห้องปฏิบัติการ เพื่ออบแห้งมะพร้าวที่มีขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 5.2 x 7 ซ.ม. ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ความสูง 5 ซ.ม. และ 10 ซ.ม. ได้ผลดังตารางที่ 3.9 และรูป 3.15

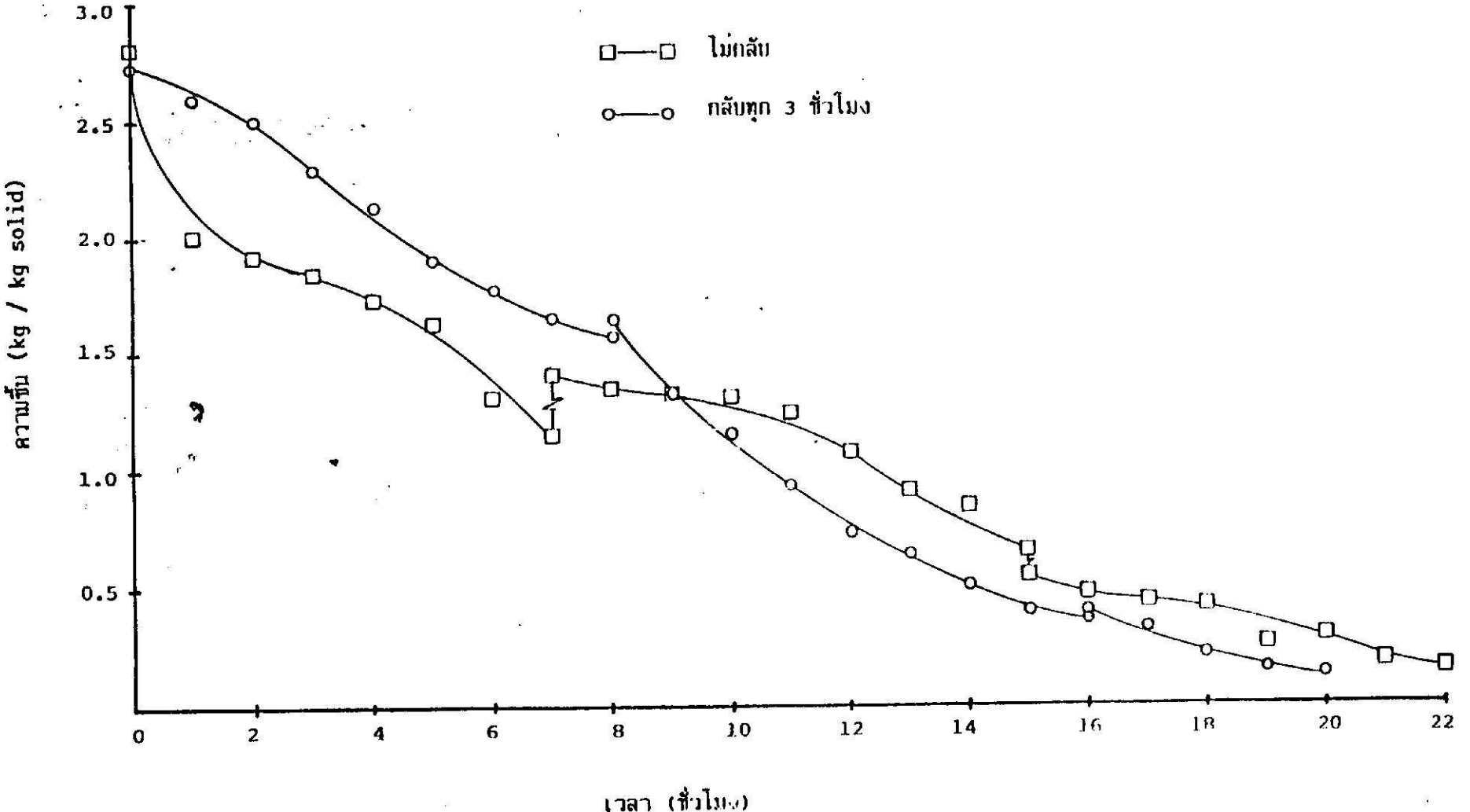
ตารางที่ 3.8 สภาวะการอบแห้งที่มีต่อเวลาและสมบัติของพริกแห้ง

การทดลองที่	อุณหภูมิการอบ (°ซ)	ความสูงของพริก (ซม.)	ระยะเวลาการอบ (ชม.)	ความชื้น (%)		สีของพริก		การปฏิบัติระหว่างการอบ
				ก่อนอบ	หลังอบ	ก่อนอบ	หลังอบ	
1	50	6.5	22	73.52	12.30	L=18.93 a=2.72 b=0.89	L=18.78 a=2.08 b=0.67	ไม่มีการกลับพริก
2	50	6.5	20	73.32	11.17	L=19.21 a=3.24 b=1.01	L=18.77 a=2.05 b=0.61	มีการกลับพริกทุก ๆ 3ซม.
3	50	12.0	26	74.19	8.59	L=18.96 a=2.85 b=0.82	L=18.72 a=2.01 b=0.65	มีการกลับพริกทุก ๆ 3 ชม.
4	65	7.0	15	74.81	11.67	L=18.74 a=2.58 b=0.89	L=18.40 a=1.54 b=0.41	ไม่มีการกลับพริก
5	65	7.5	13	72.16	12.53	L=19.00 a=2.99 b=0.96	L=19.07 a=2.15 b=0.75	มีการกลับพริกทุก ๆ 3 ชม.
6	65	12.0	15	74.19	8.59	L=18.96 a=2.85 b=0.82	L=18.72 a=2.01 b=0.65	มีการกลับพริกทุก ๆ 3 ชม.

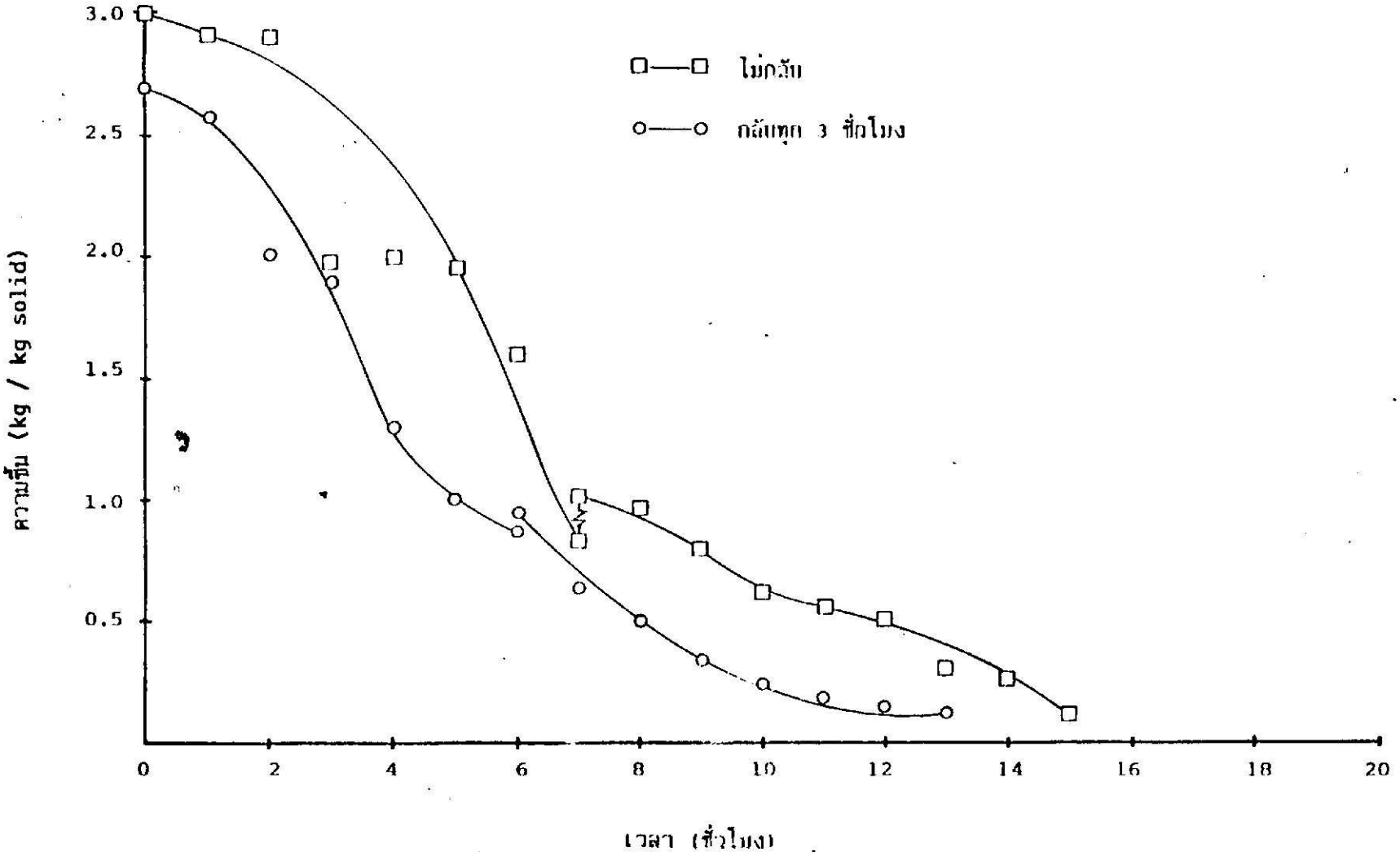


รูปที่ 3.11 กราฟอบแห้งของพริกที่อุณหภูมิ 50 °ซ และ 65 °ซ

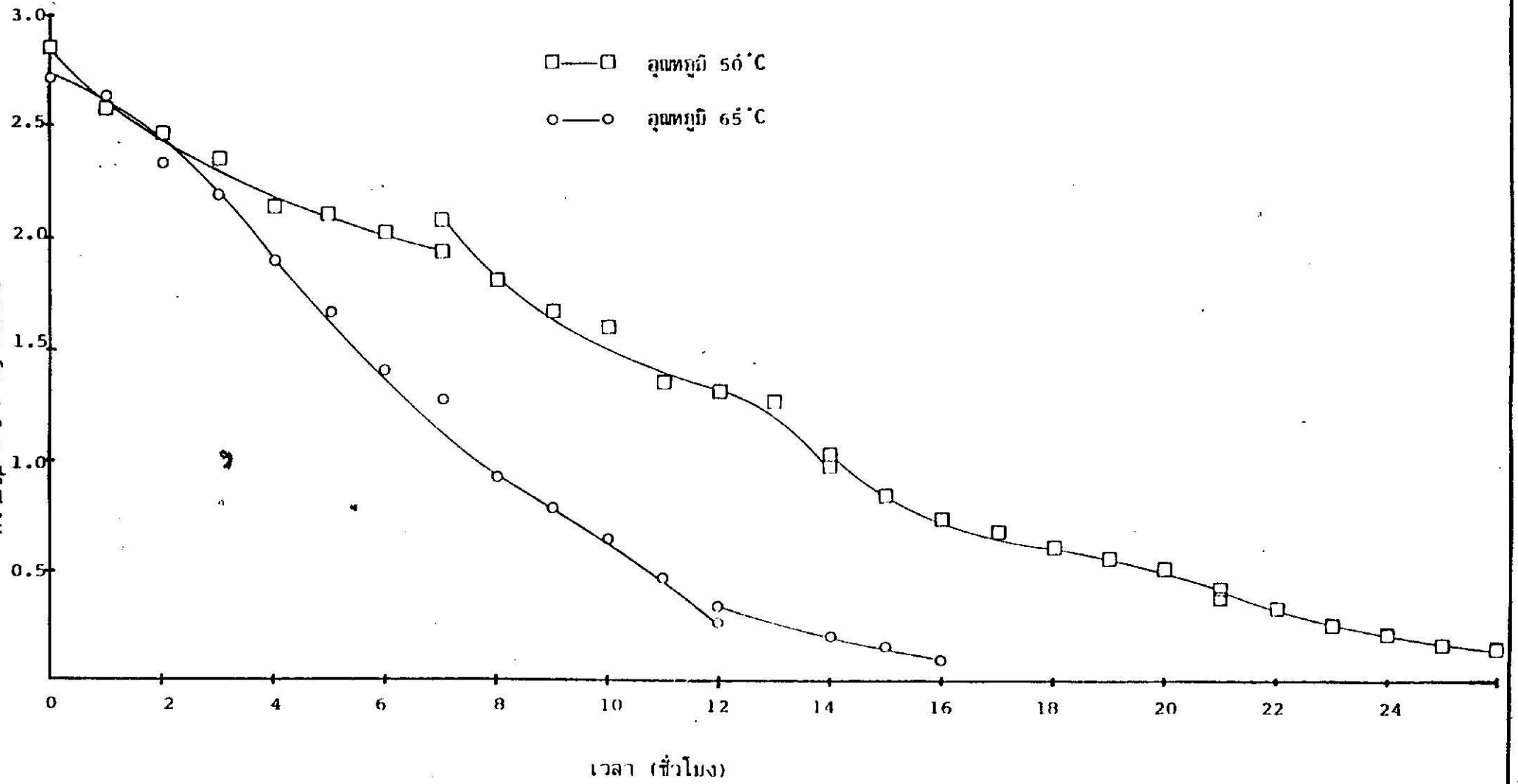
British Made



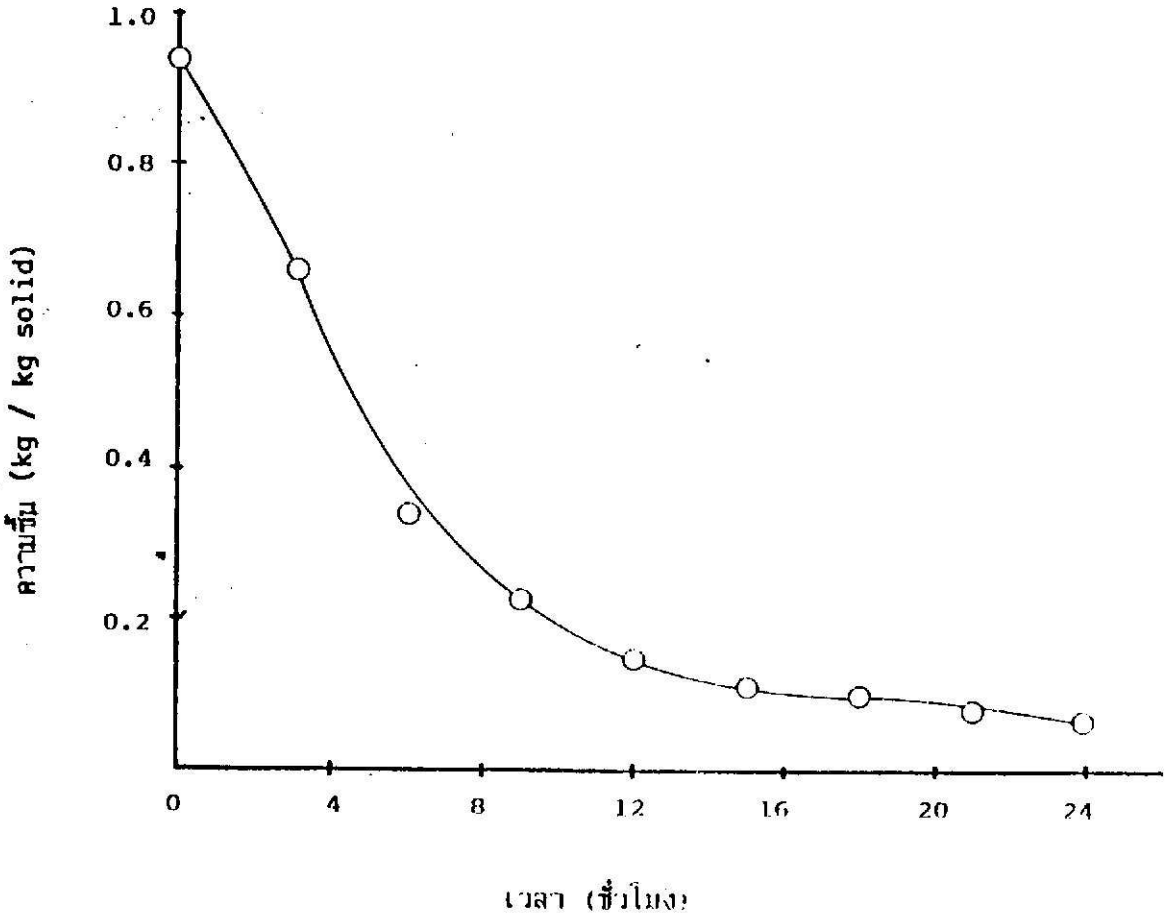
รูปที่ 3.12 กราฟอบแห้งของพริกอบที่ 50 °ซ ความหนา 6.5 ซม.



รูปที่ 3.13 กราฟอบแห้งของพริกอบที่ 65 °ซ ความหนา 7.5 ซม.



รูปที่ 3.14 กราฟอบแห้งของพริก อบที่ความหนา 12.0 ซม. กลับ ทุก 3 ชั่วโมง



รูปที่ 3.15 กราฟอบแห้งของมะพร้าว อบที่ 70 ° ซ

ตารางที่ 3.9 สภาวะของการอบแห้งและคุณลักษณะมะพร้าวอบแห้ง

การทดลองที่	อุณหภูมิ ($^{\circ}$ซ)	น้ำหนักมะพร้าว (ก.ก.)	ความสูง (ซ.ม.)	ระยะเวลาที่ใช้ (ช.ม.)	ความชื้น (%)		ค่า TBA มก. ของ malonaldehyde/ กก. ของตัวอย่าง		ค่าสี
					ก่อนอบ	หลังอบ	ก่อนอบ	หลังอบ	
1	70	82	10	23.30	47.72	6.99	-	0.035	7.5 YR 4/6
2	70	74.7	10	24.0	50.70	6.51	0.012	0.117	5 YR 5/8
3	70	43.8	5	24.0	50.89	6.33	0.113	0.115	10 YR 6/10

3.5 การพัฒนาเครื่องคัดขนาดเมล็ดโกโก้

จากการออกแบบเครื่องคัดขนาดเมล็ดโกโก้ เมื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาด และเปรียบเทียบเมล็ดโกโก้แห้งที่คัดได้กับขนาดมาตรฐานดังแสดงในตารางที่ 3.10 และ 3.11 และเมื่อป้อนเมล็ดโกโก้แห้ง ในอัตราต่าง ๆ แล้วนำเมล็ดโกโก้แห้งที่คัดได้มาชั่ง ดังแสดงในตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.10 ขนาดของเมล็ดโกโก้ที่กำหนดมาตรฐาน

ขนาดเมล็ดโกโก้	กว้าง (ม.ม.)	ยาว (ม.ม.)
ใหญ่	11.9 - 17.4	21.3 - 30.1
กลาง	11.0 - 14.9	18.4 - 25.0
เล็ก	8.8 - 15.7	15.1 - 23.4

ตารางที่ 3.11 ประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาด ที่จำนวนรอบของการหมุนของตะแกรงและอัตราการป้อนเมล็ดโกโก้ต่าง ๆ กัน

N (รอบ/นาที)	ประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาด (%)											
	อัตราการป้อน 3.1 ตัน/ชม.			อัตราการป้อน 2.6 ตัน/ชม.			อัตราการป้อน 2.0 ตัน/ชม.			อัตราการป้อน 1.6 ตัน/ชม.		
	ใหญ่	กลาง	เล็ก	ใหญ่	กลาง	เล็ก	ใหญ่	กลาง	เล็ก	ใหญ่	กลาง	เล็ก
20	69.4	86	100	78	81.2	98	86	82	98	90	90	100
35	90	95.9	100	88	94	100	84	86	98	90	94	100
50	76	84	100	88	92	94	90	90	98	98	96	100

ตารางที่ 3.12 ปริมาณเมล็ดโกโก้ที่คัดขนาดได้ ที่จำนวนรอบของการหมุนของตะแกรง และ อัตราการป้อนเมล็ดโกโก้ต่าง ๆ กัน

N (รอบ/นาที)	ประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาด (%)											
	อัตราการป้อน 3.1 ตัน/ชม.			อัตราการป้อน 2.6 ตัน/ชม.			อัตราการป้อน 2.0 ตัน/ชม.			อัตราการป้อน 1.6 ตัน/ชม.		
	ใหญ่	กลาง	เล็ก	ใหญ่	กลาง	เล็ก	ใหญ่	กลาง	เล็ก	ใหญ่	กลาง	เล็ก
20	34	63	3	32	64	4	28	69	3	30	69	1
35	40	59	1	38	61	1	32	67	1	34	65	1
50	43	56	1	39	60	1	39	60	1	36	63	1

จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาด พบว่า อัตราการป้อนเมล็ดโกโก้และจำนวนรอบของการหมุนของตะแกรงที่เหมาะสม คือ 1.6 ตัน/ชม. และ 20 - 50 รอบต่อนาที ทั้งนี้เนื่องจากเป็นอัตราการป้อนที่จะสามารถคัดขนาดได้ในระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงานในพื้นที่จริง (ปริมาณเมล็ดโกโก้สำหรับคัดขนาด 80 - 90 กิโลกรัม/ครั้ง) และพบว่าที่จำนวนรอบ จำนวนการหมุนของตะแกรง 20 - 50 รอบต่อนาที ค่าประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาดมีค่าตั้งแต่ ร้อยละ 90 ขึ้นไป ซึ่งเป็นค่าประสิทธิภาพที่สูง และจากการทดลองพบว่าปริมาณเมล็ดโกโก้ที่ผ่านการคัดขนาดเป็นเมล็ดกลางสูงสุด (ร้อยละ 65 โดยเฉลี่ย)

3.6 การทดสอบตู้อบเมล็ดโกโก้ภาคสนาม

6.1 การสำรวจสภาพพื้นที่ คณะวิจัยได้ออกไปสอบถามเกษตรกรที่ปลูกโกโก้ โดยคำแนะนำของเกษตรจังหวัด ได้ทำการสำรวจในจังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดชุมพรดังนี้

ก. จังหวัดสุราษฎร์ธานี สำรวจจากเกษตรกรในอำเภอคีรีรัฐนิคม จำนวน 7 ครัวเรือน มีพื้นที่ปลูกโกโก้อยู่ในช่วง 5 ไร่ จนถึง 10 ไร่ สูงสุด ส่วนใหญ่เกษตรกรจะขายเมล็ดโกโก้สดให้กับบริษัทขวัญเกษตร ซึ่งเป็นบริษัทที่รับซื้อเมล็ดโกโก้สดเพื่อไปทำแห้งต่อไป สำหรับทัศนคติการใช้ตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้ เกษตรกรส่วนใหญ่เห็นสมควรให้เอกชนซื้อตู้อบเมล็ดโกโก้ แล้วนำมาติดตั้งที่สวนใดสวนหนึ่ง

ข. จังหวัดชุมพร สำรวจเกษตรกรที่อำเภอเมือง รวม 11 ครัวเรือน มีพื้นที่ถือครอง ตั้งแต่ 5 ไร่ จนถึง 33 ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่ขายเมล็ดโกโก้สดให้กับบริษัทขวัญเกษตร เช่นกัน ในราคากิโลกรัมละ 6.50 บาท ทัศนคติในการใช้ตู้อบเมล็ดโกโก้ ในการอบเมล็ดโกโก้แห้ง ก็ต่อเมื่อมีผลผลิตมาก

สำหรับที่อำเภอท่าแซะ เกษตรกรที่ไปสำรวจรวม 12 ครัวเรือน มีพื้นที่เพาะปลูกตั้งแต่ 3 ไร่ถึง 30 ไร่ ส่วนใหญ่เกษตรกรจะขายเมล็ดสด เช่นกัน แนวโน้มการปลูกลดลง ทัศนคติต่อการใช้ตู้อบนี้นั้น ราคาของเมล็ดโกโก้แห้งเป็นตัวแปรที่สำคัญ ถ้าราคาสูง เกษตรกรที่มีพื้นที่มากก็มีความสนใจจะมีเครื่องอบนี้

จากการสำรวจ สรุปได้ดังนี้

1. เกษตรกรมีแนวโน้มปลูกโกโก้ลดลง เพราะราคาของเมล็ดโกโก้แห้งไม่จูงใจ
2. จังหวัดสุราษฎร์ธานี เกษตรมีการจำหน่ายเมล็ดโกโก้ทั้งในรูปเมล็ดสดและเมล็ดแห้ง ในขณะที่เกษตรกรจังหวัดชุมพรจะขายเมล็ดโกโก้สดเป็นหลัก
3. ผลผลิตเมล็ดโกโก้ที่จังหวัดชุมพรจะมีมากกว่าที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี
4. เกษตรกรมีความสนใจตู้อบเมล็ดโกโก้หากราคาของเมล็ดโกโก้แห้งมีราคาสูงขึ้น

จากผลการสำรวจ คณะวิจัยมีความเห็นว่าจังหวัดชุมพร ไม่ควรจะนำตู้อบไปติดตั้ง เพราะเกษตรกรสนใจที่จะจำหน่ายเมล็ดสดมากกว่า สำหรับที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีนั้น คณะวิจัยยังไม่ค่อยพอใจกับกลุ่มเกษตรที่ได้ไปสำรวจ แต่มีความเห็นพ้องกันว่าที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีนี้ควรจะติดตั้งตู้อบโกโก้ในอำเภอเมือง ทั้งนี้เพราะว่ามีการปลูกโกโก้ และมะพร้าวมากและยังมีการจำหน่ายเมล็ดโกโก้แห้งอยู่เป็นจำนวนมาก

6.2 การทดสอบตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง ขนาดความจุ 200 กิโลกรัมของเมล็ดโกโก้สด ที่บ้านเกษตรกร นายมณี ทนุก เลขที่ 76/2 หมู่ 2 ตำบลบางโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างวันที่ 8 - 27 ตุลาคม 2539

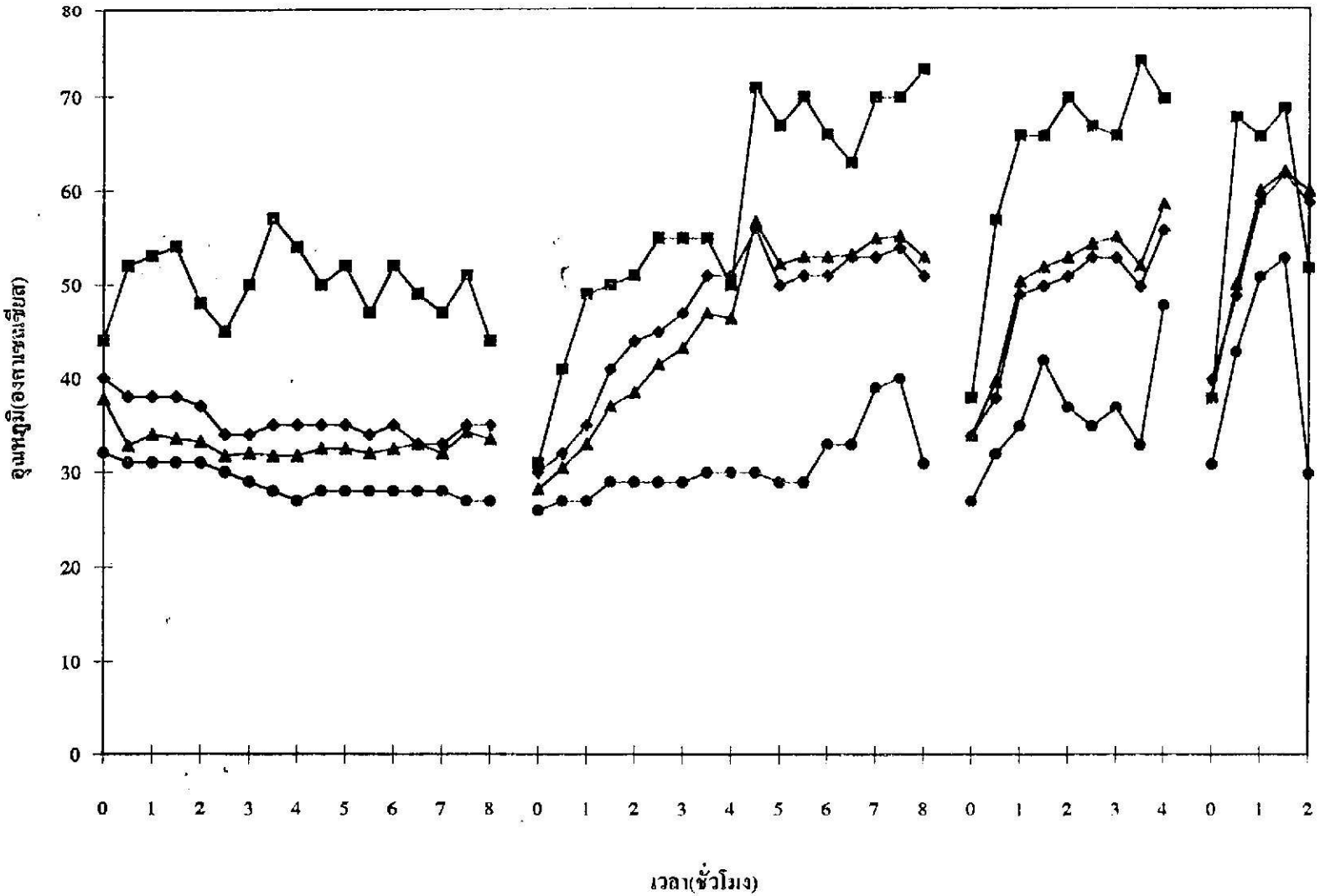
6.2.1 จากการทดสอบประสิทธิภาพของเตา และประสิทธิภาพของตู้อบ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศเข็นที่เข้าตู้อบ และออกจากตู้อบ ดังแสดงในตารางที่ 3.13 และรูปที่ 3.16 ถึง 3.21

6.2.2 คุณภาพของเมล็ดโกโก้ก่อนอบแห้ง และหลังอบแห้ง แสดงในตารางที่ 3.14 และ 3.15 และจะพบว่าค่าของพีเอชหลังอบอยู่ในช่วง 4.89 - 5.00 ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าระหว่าง ร้อยละ 1.223 - 1.346 (รูปซิตริก) กรดระเหยได้ร้อยละ 0.485 - 0.588 (รูปอะซิติก) และมีกรดแลกติกร้อยละ 0.202 - 0.253 (ซึ่งค่าเหล่านี้มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดโกโก้แห้ง และจะส่งผลต่อคุณภาพของช็อกโกแลต โดยเฉพาะปริมาณกรดแลกติก แต่ถ้ากรดระเหยมีค่าสูงก็ไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์สุดท้ายเพราะจะถูกกำจัดในกระบวนการทำผลิตภัณฑ์สุดท้าย

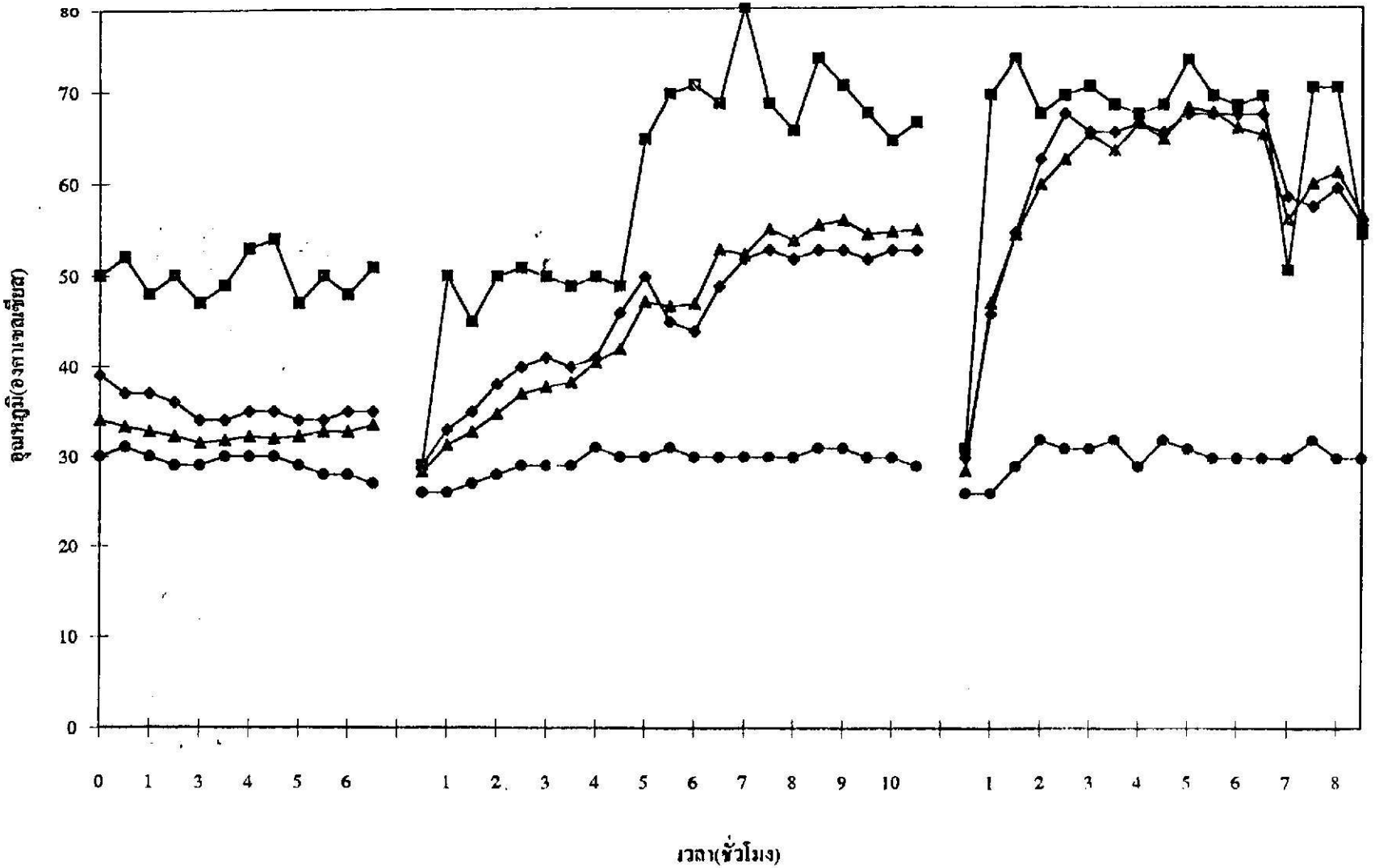
ตารางที่ 3.13 ผลการอบแห้งเมล็ดโกโก้ที่สวนเกษตรกร อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างวันที่ 14 – 27 ตุลาคม 2539 : อุณหภูมิ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม ความชื้นหลังทำแห้ง ปริมาณไม้ยางพารา และเวลาทำแห้ง

การทดลองครั้งที่	อุณหภูมิ (°ซ)	พลังงานความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ 1 ก.ก. (กิโลจูล/กิโลกรัมน้ำที่ระเหย)	ความชื้นหลังทำแห้ง (%)	ปริมาณไม้ยางพารา (กิโลกรัม)	เวลาทำแห้ง (ชั่วโมง)
1	50	5709.4	5.7	106.2	22
	70	16518.1			
2	50	8660.2	9.1		
	70	22150.2		102.0	24
3	50	9637.5	9.1		
	70	48472.6		103.0	24
4	50&70	-	7.9		
5	50&70	-	7.9	112*	26
				151*	26

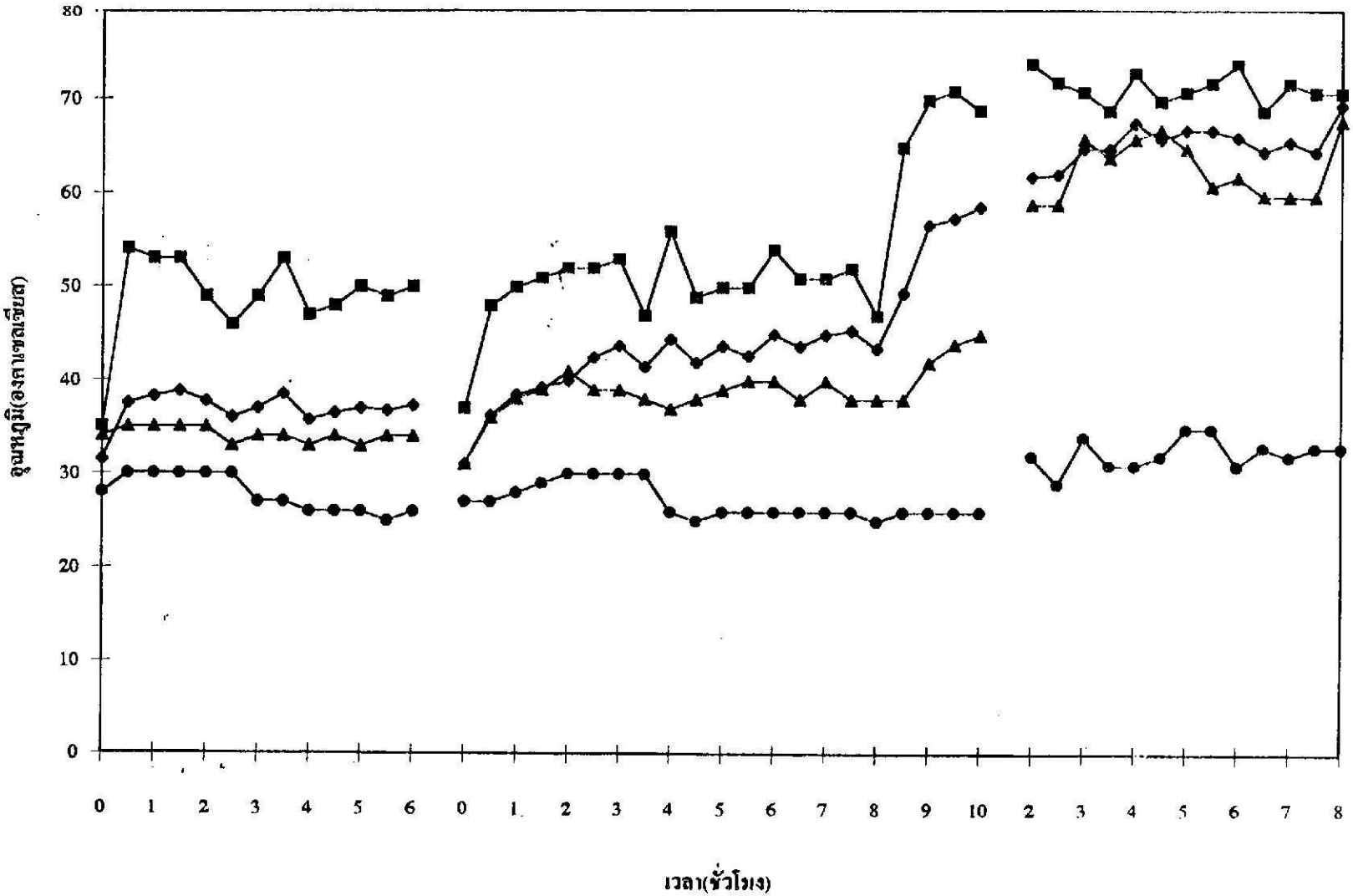
หมายเหตุ * ใช้กากมะพร้าวเป็นเชื้อเพลิง



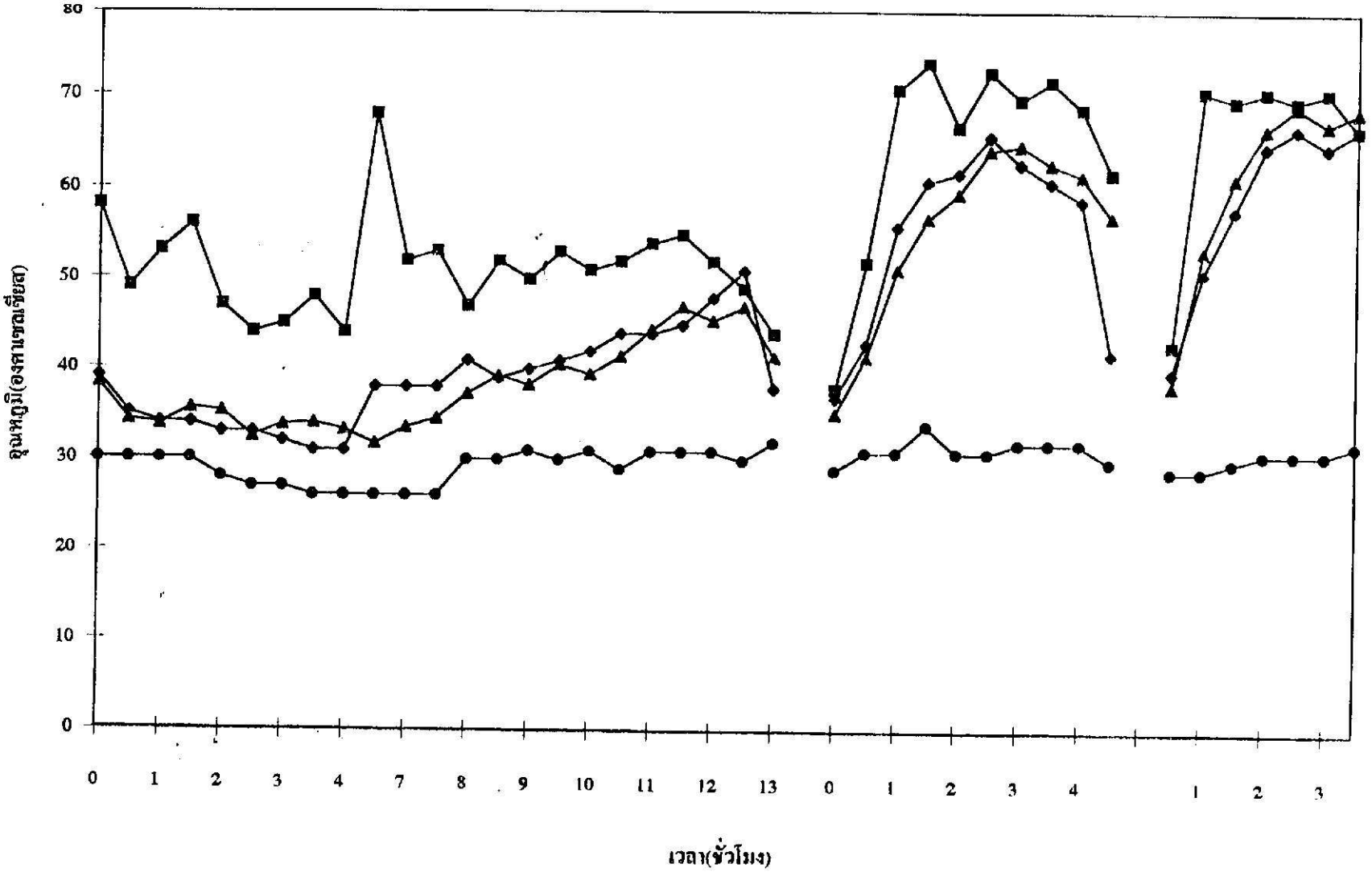
รูปที่ 3.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (●) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิในเมล็ด (◆) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 14 - 17 ตุลาคม 2539 ที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี



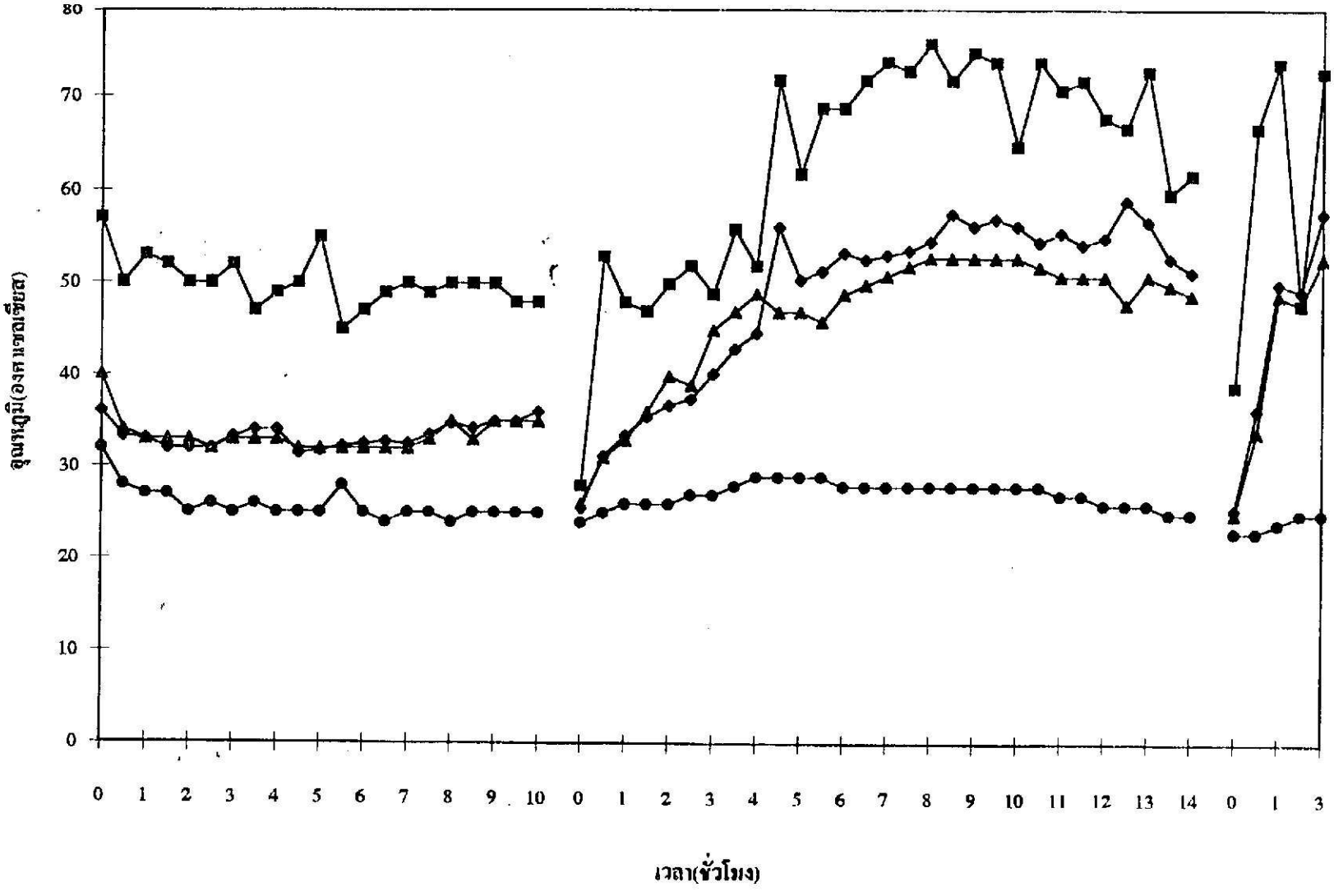
รูปที่ 3.17 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (●) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิในเมล็ด (◆) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 17 - 19 ตุลาคม 2539 ที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี



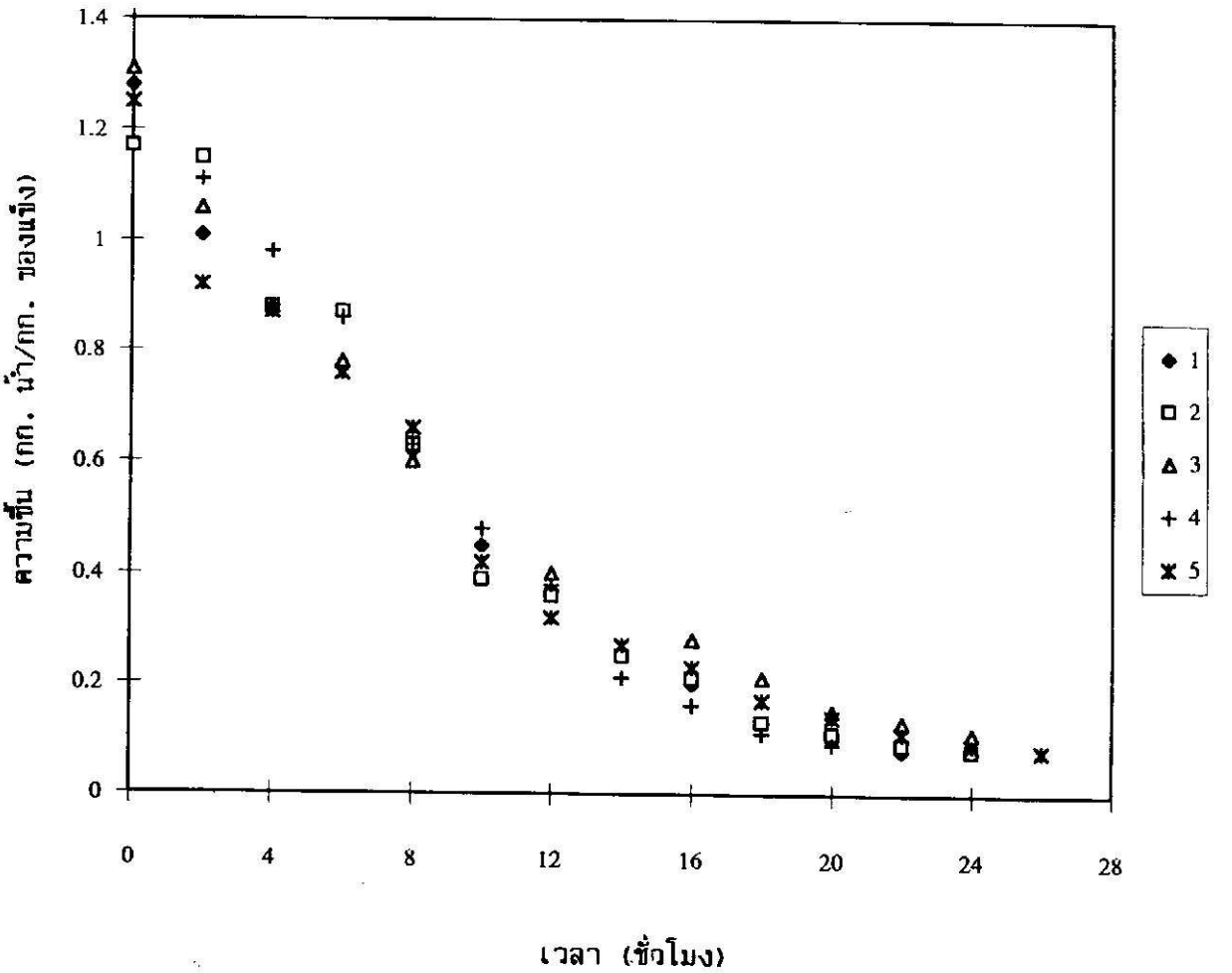
รูปที่ 3.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (●) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิในเมล็ด (◆) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 20 - 22 ตุลาคม 2539 ที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 3.19 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (●) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิในเมล็ด (◆) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 22 - 25 ตุลาคม 2539 ที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 3.20 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (●) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิในเมล็ด (◆) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 25 - 27 ตุลาคม 2539 ที่อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี



รูปที่ 3.21 การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ จำนวน 5 ทดลอง

ตารางที่ 3.14 คุณภาพเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบแห้ง

การทดลองครั้งที่	ความชื้น		พีเอช		กรดทั้งหมด	
	หลังหมัก	หลังอบ	หลังหมัก	หลังอบ	หลังหมัก	หลังอบ
1	40.478 ± 0.115	6.293 ± 0.160	4.73 ± 0.035	5.00 ± 0.070	2.553 ± 0.007	1.223 ± 0.013
2	41.691 ± 0.041	5.974 ± 0.106	4.76 ± 0.120	4.91 ± 0.028	2.242 ± 0.073	1.313 ± 0.009
3	43.048 ± 0.139	6.864 ± 0.035	4.74 ± 0.049	4.89 ± 0.028	2.492 ± 0.098	1.338 ± 0.018
4	41.705 ± 0.146	7.291 ± 0.044	4.81 ± 0.035	4.92 ± 0.042	2.289 ± 0.022	1.344 ± 0.027
5	41.039 ± 0.374	6.972 ± 0.064	4.69 ± 0.056	4.97 ± 0.091	2.500 ± 0.065	1.346 ± 0.009

ตารางที่ 3.14 (ต่อ)

การทดลองครั้งที่	ดัชนีการหมัก		กรดระเหย		กรดแลคติก	
	หลังหมัก	หลังอบ	หลังหมัก	หลังอบ	หลังหมัก	หลังอบ
1	1.103 ± 0.003	0.958 ± 0.002	0.937 ± 0.008	0.556 ± 0.017	0.173 ± 0.001	0.202 ± 0.014
2	1.051 ± 0.003	1.088 ± 0.004	0.935 ± 0.054	0.488 ± 0.003	0.323 ± 0.077	0.234 ± 0.017
3	1.269 ± 0.011	1.171 ± 0.056	1.093 ± 0.006	0.511 ± 0.013	0.218 ± 0.033	0.182 ± 0.023
4	1.212 ± 0.106	1.057 ± 0.017	1.294 ± 0.012	0.588 ± 0.001	0.260 ± 0.036	0.215 ± 0.000
5	1.285 ± 0.095	1.056 ± 0.002	1.070 ± 0.008	0.485 ± 0.004	0.325 ± 0.002	0.253 ± 0.004

ตารางที่ 3.15 การตรวจสอบสีของเมล็ดโกโก้แห้งที่อบด้วยตู้อบแห้ง เมล็ดโกโก้ขนาด 200 กิโลกรัม

การทดลองครั้งที่	จำนวนเมล็ด (ร้อยละ)				น้ำหนัก กรัม/เมล็ด
	สีน้ำตาล	สีน้ำตาลแกมม่วง	สีม่วง	หินชนวน	
1	10	15	40	35	1.05
2	20	20	55	5	0.97
3	20	15	65	-	1.11
4	10	25	45	20	1.08
5	45	15	30	10	1.02

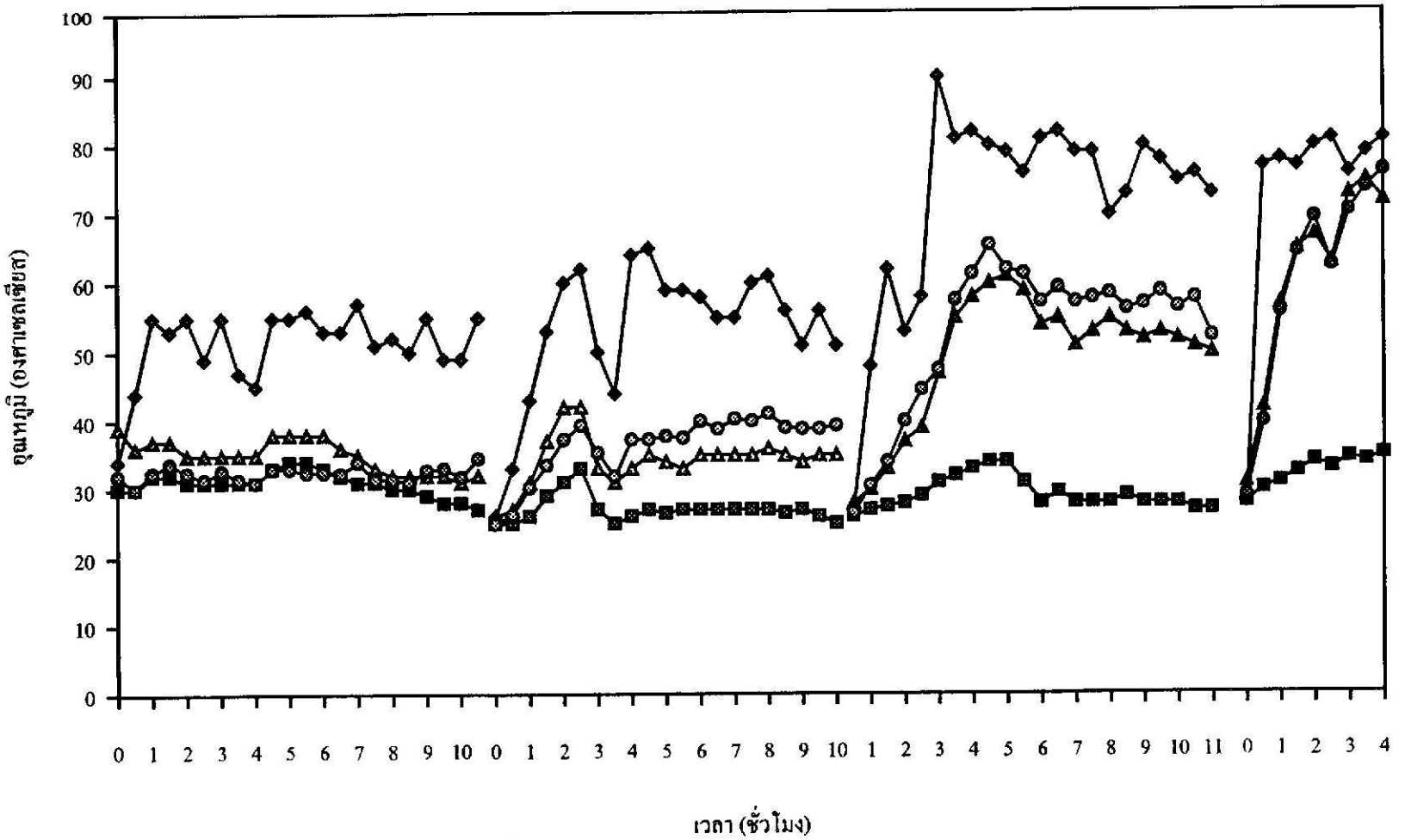
6.3 การทดสอบใช้ตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลอง ขนาดความจุ 400 กิโลกรัมของเมล็ดโกโก้สด ที่บ้านเกษตรกร นายประยูร ประจันผล เลขที่ 34/2 หมู่ 7 ตำบลสี่ขีด อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 15 - 26 ตุลาคม 2540

6.3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเตาให้พลังงานความร้อนและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศเย็นที่เข้าตู้อบและออกจากตู้อบ ดังแสดงในตาราง 3.16 และรูปที่ 3.22 ถึง 3.25

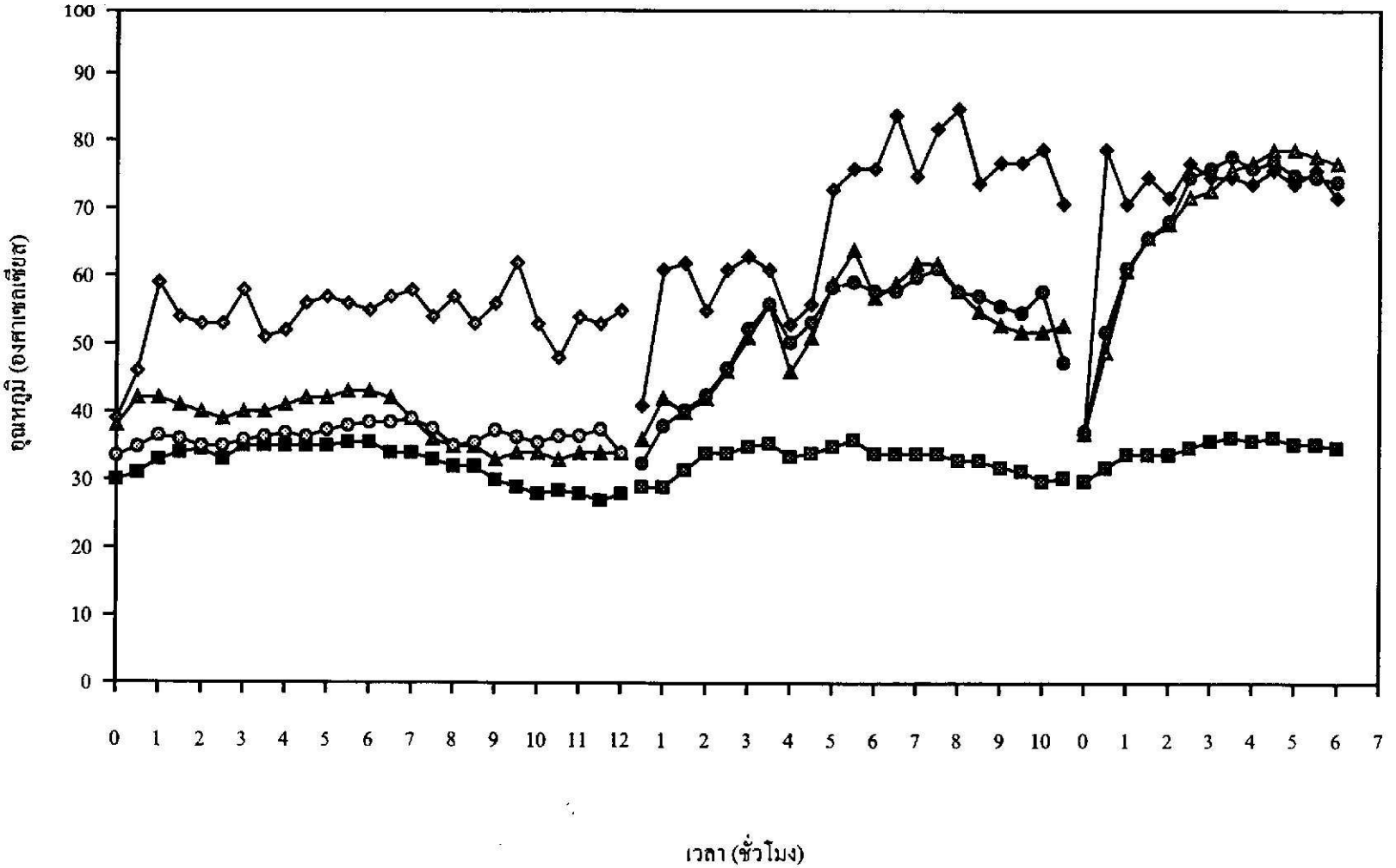
6.3.2 คุณภาพของเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบแห้ง จะแสดงในตารางที่ 3.17 และ 3.18 จะพบว่าปัจจัยคุณภาพที่สำคัญได้แก่ ปริมาณกรดทั้งหมด กรดระเหย และกรดแลคติก มีความสำคัญต่อผลิตภัณฑ์ช็อกโกแลต ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดซิตริกร้อยละ 1.216 - 1.475 ปริมาณกรดระเหย ในรูปของอะซิติก ร้อยละ 0.532 - 0.633 และปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 0.199 - 0.383

ตารางที่ 3.16 ผลการอบแห้งเมล็ดโกโก้ที่สวนเกษตรกร อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 15 – 26 ตุลาคม 2540 : อุณหภูมิ ปริมาณพลังงานความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ 1 กิโลกรัม ความชื้นหลังทำแห้ง ปริมาณไม้ยางพารา และเวลาทำแห้ง

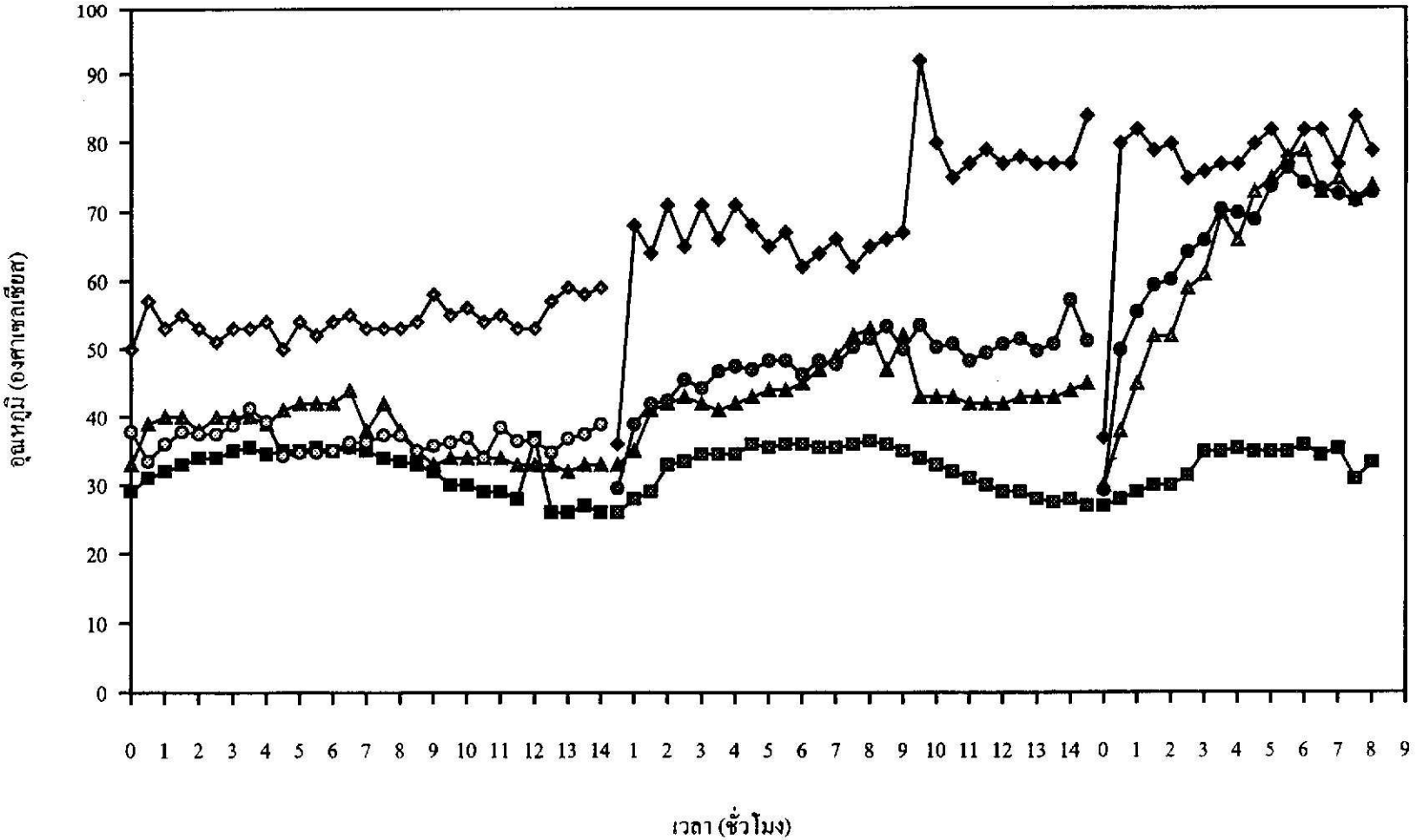
การทดลองครั้งที่	อุณหภูมิ (°ซ)	พลังงานความร้อนที่ใช้ระเหยน้ำ 1 ก.ก. (กิโลจูล/กิโลกรัมน้ำที่ระเหย)	ความชื้นหลังทำแห้ง (%)	ปริมาณไม้ยางพารา (กิโลกรัม)	เวลาทำแห้ง (ชั่วโมง)
1	50	8779.4	9.1	194.0	35
	70	42665.3			
2	50	5988.5	6.5	121.0	28
	70	23530.8			
3	50	11037.6	6.5	156.5	36
	70	42790.1			



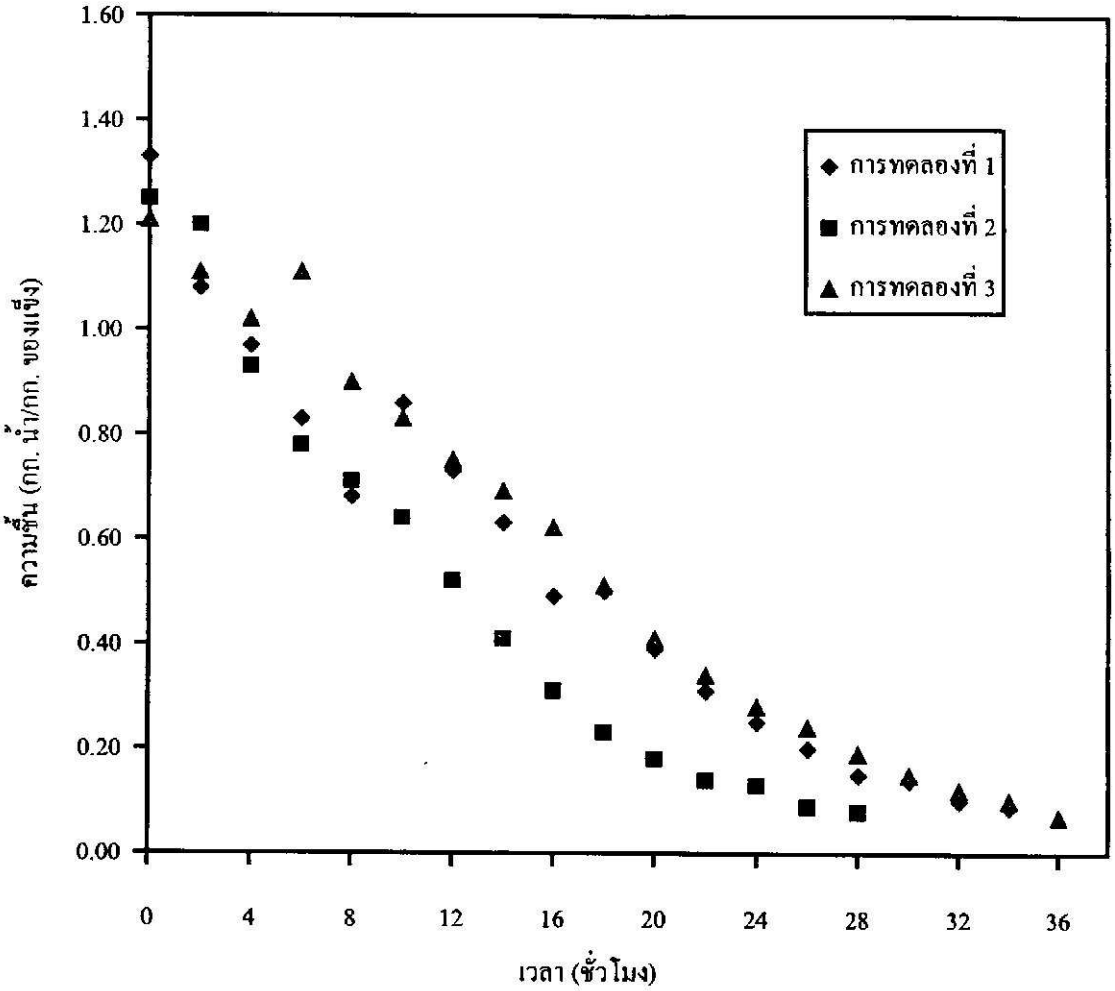
รูปที่ 3.22 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (◆) อุณหภูมิในเมล็ด (●) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 17 - 20 ตุลาคม 2540 ที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 3.23 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (◆) อุณหภูมิในเมล็ด (●) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 21 - 23 ตุลาคม 2540 ที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 3.24 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (◆) อุณหภูมิในเมล็ด (●) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ ระหว่างวันที่ 24 - 26 ตุลาคม 2540 ที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 3.25 การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาของการอบแห้งเมล็ดโกโก้ จำนวน 3 การทดลอง

ตารางที่ 3.17 คุณภาพเมล็ดโกโก้ก่อนอบและหลังอบแห้ง

การทดลองครั้งที่	ความชื้น		พีเอช		กรดทั้งหมด	
	หลังหมัก	หลังอบ	หลังหมัก	หลังอบ	หลังหมัก	หลังอบ
1	41.0533 ± 0.160	6.9950 ± 0.079	4.711 ± 0.048	5.159 ± 0.170	2.6229 ± 0.005	1.2156 ± 0.018
2	43.4643 ± 0.488	5.6557 ± 0.078	4.729 ± 0.014	4.971 ± 0.002	2.5486 ± 0.163	1.4434 ± 0.016
3	45.2123 ± 0.056	6.9920 ± 0.674	4.724 ± 0.007	4.876 ± 0.004	2.561 ± 0.090	1.4748 ± 0.080

ตารางที่ 3.17 (ต่อ)

การทดลองครั้งที่	ดัชนีการหมัก		กรดระเหย		กรดแลคติก	
	หลังหมัก	หลังอบ	หลังหมัก	หลังอบ	หลังหมัก	หลังอบ
1	1.061 ± 0.005	0.974 ± 0.012	1.0506 ± 0.019	0.5317 ± 0.040	0.1714 ± 0.00	0.3186 ± 0.00
2	1.025 ± 0.007	1.049 ± 0.016	1.1606 ± 0.036	0.6221 ± 0.016	0.1805 ± 0.031	0.1990 ± 0.006
3	1.173 ± 0.024	1.370 ± 0.032	1.1468 ± 0.052	0.6332 ± 0.001	0.5078 ± 0.010	0.3832 ± 0.025

ตารางที่ 3.18 การตรวจสอบสีของเมล็ดโกโก้แห้งที่อบแห้งด้วยตู้อบขนาด 400 กิโลกรัม

การทดลองครั้งที่	จำนวนเมล็ด (ร้อยละ)				น้ำหนักกรัม/เมล็ด
	สีน้ำตาล	สีน้ำตาลแกมม่วง	สีม่วง	หินชนวน	
1	38	24	28	10	1.13
2	47	39	6	8	0.90
3	32	28	20	20	1.06

6.4 การทดสอบใช้ตู้อบเมล็ดโกโก้ระดับผลิตทดลองขนาดความจุ 400 กิโลกรัม เมื่ออบแห้งผลกาแฟ ที่บ้านเกษตรกร นายประยูร ประจันผล อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ระหว่างวันที่ 23 - 28 ธันวาคม 2540

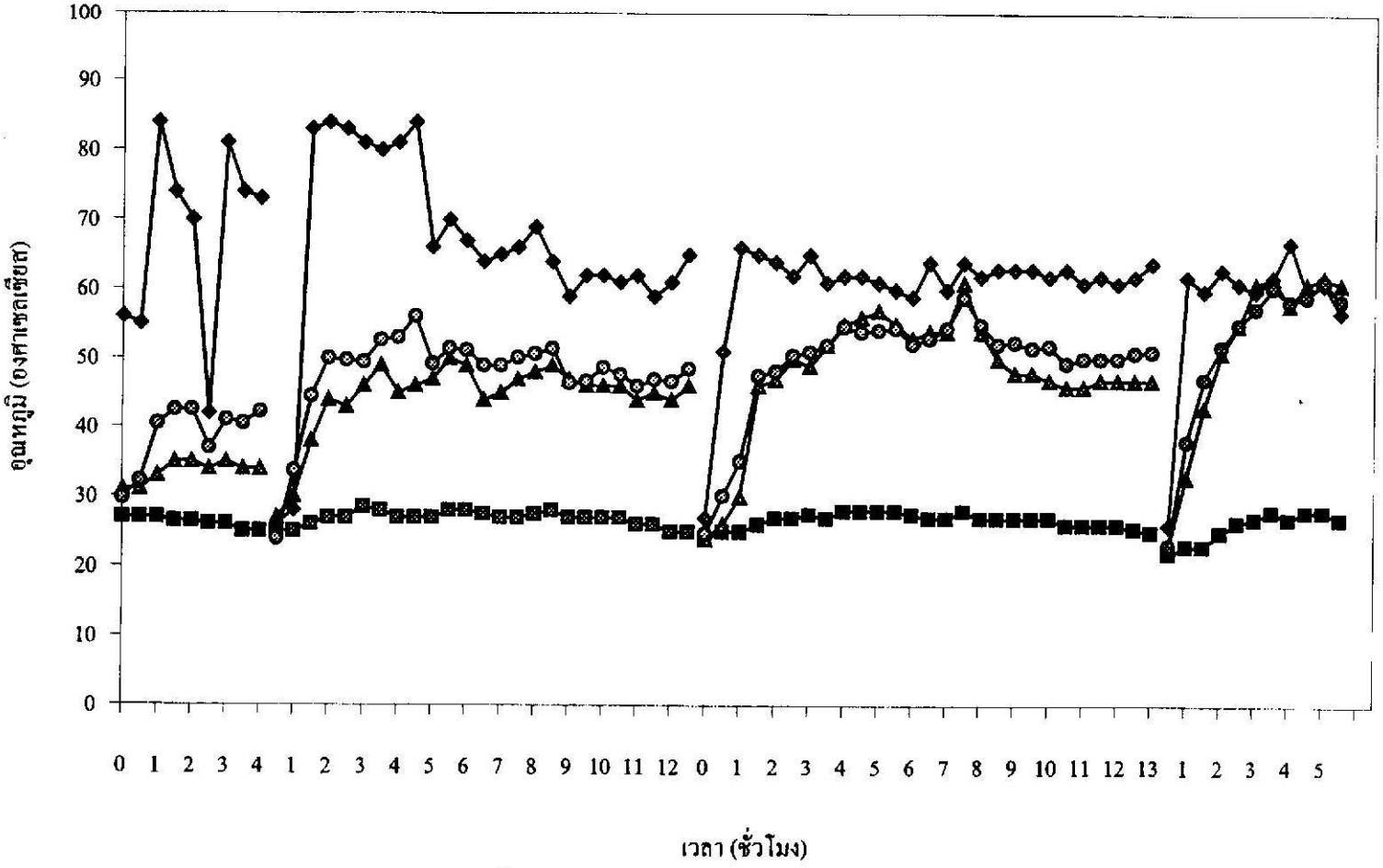
6.4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเตาตู้อบแห้งโกโก้สำหรับใช้กับผลกาแฟ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศเย็นที่เข้าตู้อบและออกจากตู้อบ ดังแสดงในตารางที่ 3.19 และรูปที่ 2.26 ถึง 3.28

6.4.2 คุณภาพของเมล็ดกาแฟ โดยเฉพาะในปัจจัยที่มีความสำคัญ ได้แก่ ปริมาณคาเฟอีน (A.O.A.C., 1990) และปริมาณเกรดทั้งหมด ได้แสดงในตารางที่ 3.20

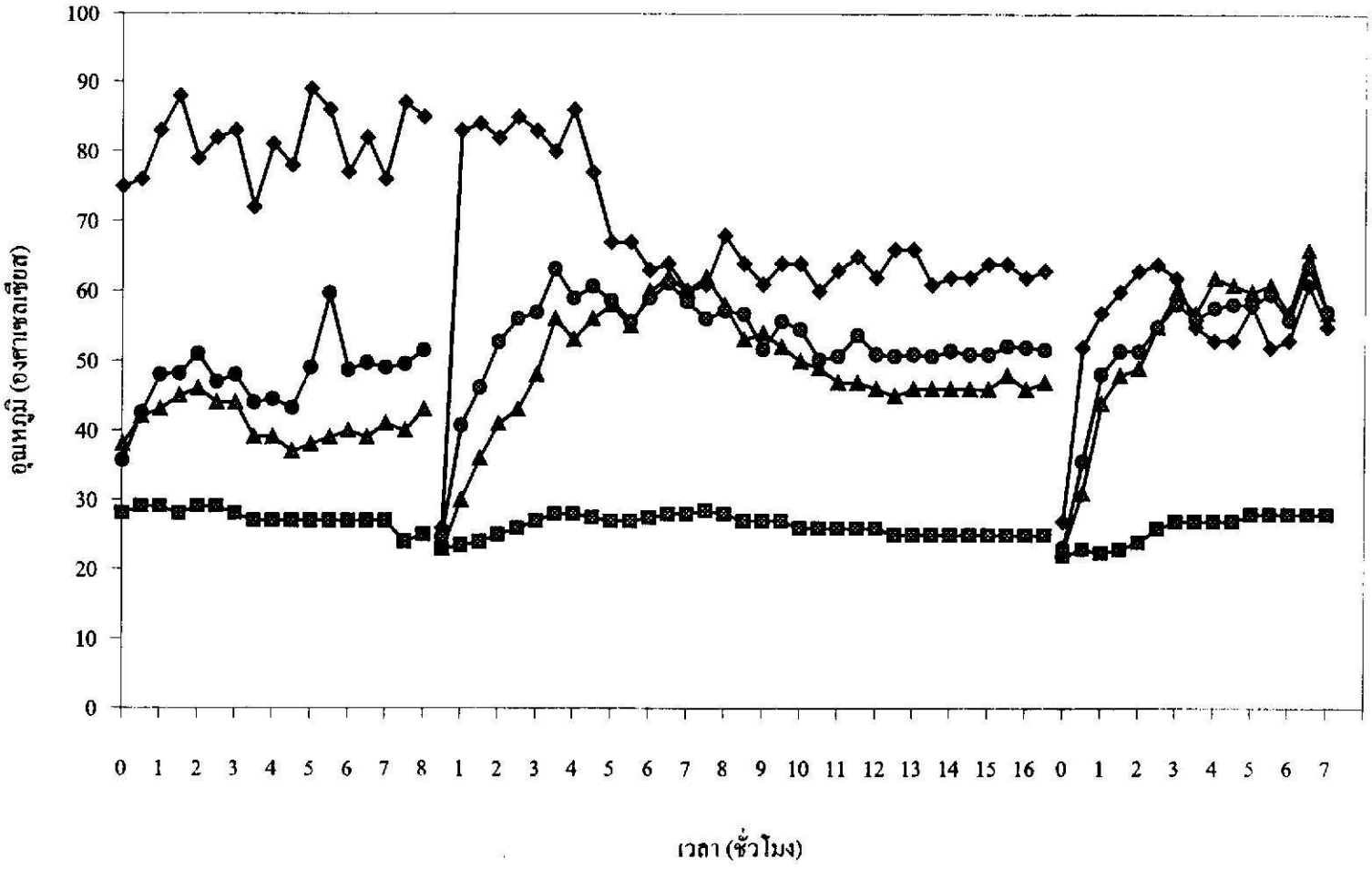
ตารางที่ 3.19 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเตาของตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้ที่สวนเกษตรกร อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราชโดยการใช้ข้อมูลจากการทดสอบตู้อบแห้งเมล็ดโกโก้กับการอบแห้งเมล็ดกาแฟที่อุณหภูมิอากาศร้อนออก 75 - 80 °ซ และ 55 - 60 °ซ การหาประสิทธิภาพของเตาโดยใช้ข้อมูลการทดลองระหว่างวันที่ 23 - 28 ธันวาคม 2540

การทดลอง	อุณหภูมิอากาศเย็นเข้า (°ซ)	อุณหภูมิอากาศร้อนออก (°ซ)	อุณหภูมิปล่องไฟ (°ซ)	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศร้อนออก (ก.ก./วินาที)	ปริมาณไม้ฟืนที่ใช้ (ก.ก.)	ปริมาณความร้อนที่นำไปใช้ประโยชน์ (กิโลวัตต์)	ประสิทธิภาพของเตา (%)
1	30.6	75.1	177.1	0.434	41.3	19.43	56.1
	30.8	80.1	183.6	0.434	43.3	21.51	58.7
2	28.7	60.9	100.4	0.248	24.8	8.03	38.9
	29.2	61.5	129.3	0.248	28.5	8.04	33.3

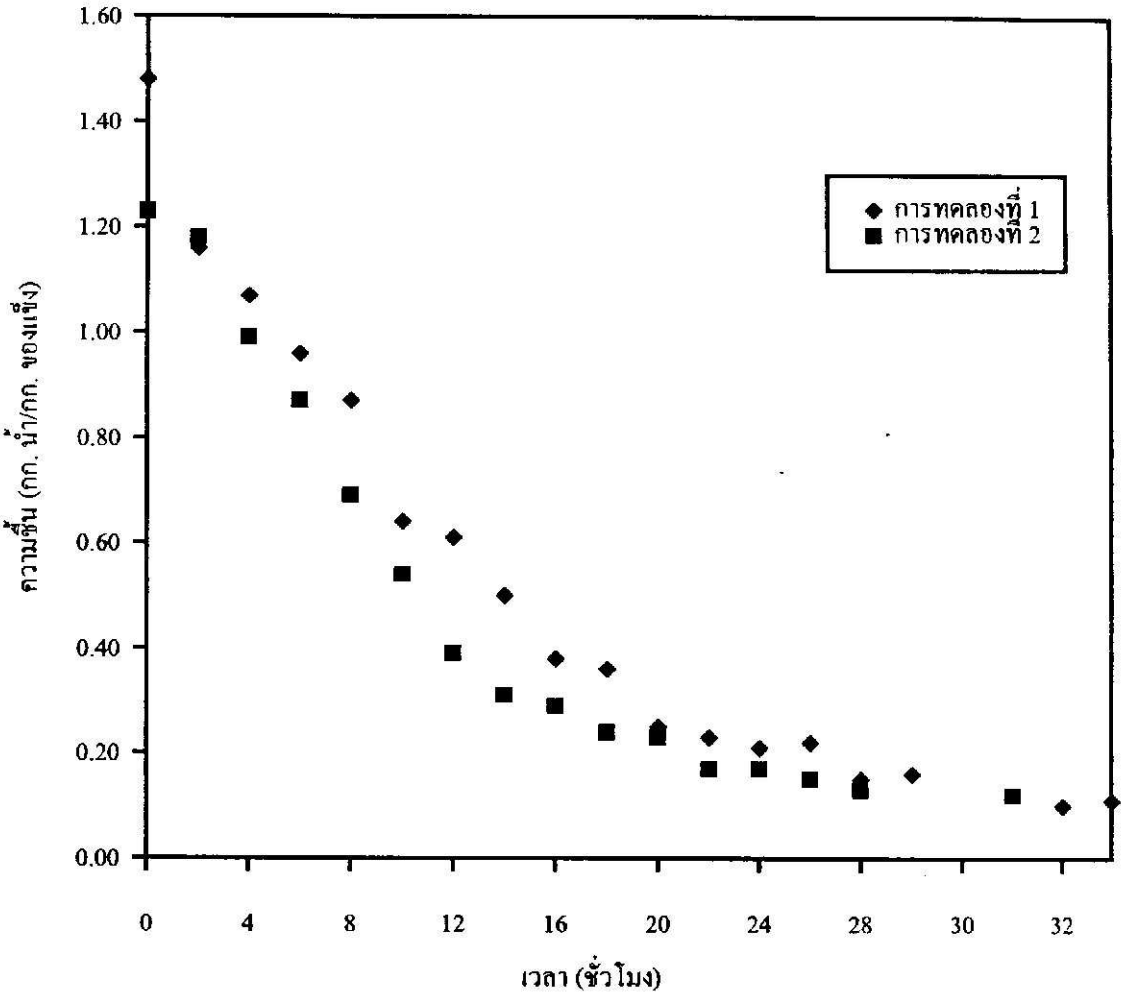
หมายเหตุ การอบแห้งเมล็ดกาแฟอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเริ่มต้นจะอยู่ระหว่าง 75 - 80 °ซ เพื่อให้ความชื้นออกจากเมล็ดได้เร็วขึ้นการอบแห้งในช่วงนี้อุณหภูมิในเมล็ดไม่เกิน 50 °ซ เมื่ออุณหภูมิในเมล็ดสูงขึ้นถึง 50 °ซ ให้ลดอุณหภูมิในการอบแห้งลงให้มีค่าอยู่ระหว่าง 55 - 60 °ซ



รูปที่ 3.26 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (◆) อุณหภูมิในเมล็ด (●) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดกาแฟ ระหว่างวันที่ 23 - 26 ธันวาคม 2540 ที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 3.27 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศเย็นเข้าตู้อบ (■) อุณหภูมิของอากาศร้อนเข้าตู้อบ (◆) อุณหภูมิในเมล็ด (●) อุณหภูมิในตู้อบ (▲) กับเวลาของการอบแห้งเมล็ดกาแฟ ระหว่างวันที่ 26 - 28 ธันวาคม 2540 ที่อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช



รูปที่ 3.28 การเปลี่ยนแปลงความชื้นกับเวลาของการอบแห้งเมล็ดกาแฟ จำนวน 2 การทดลอง

ตารางที่ 3.20 ปริมาณคาเฟอีน และกรดทั้งหมด (ร้อยละ)

การทดลอง	ปริมาณร้อยละ		
	ความชื้น	คาเฟอีน	กรดทั้งหมด
<u>ชุดที่ 1</u>			
ผลกาแฟสด	64.5008 ± 0.551	1.4002 ± 0.218	0.3249 ± 0.004
เมล็ดกาแฟแห้ง	10.9375 ± 0.053	1.4841 ± 0.004	0.5209 ± 0.007
<u>ชุดที่ 2</u>			
ผลกาแฟสด	57.4753 ± 0.597	1.8635 ± 0.001	0.4038 ± 0.020
เมล็ดกาแฟแห้ง	12.0769 ±0.050	1.7126 ± 0.001	0.6244 ± 0.012

6.5 การทดสอบเครื่องคัดขนาดในภาคสนาม จากการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องคัดขนาด เมื่อนำมาใช้ในการปฏิบัติงานจริงในภาคสนาม ได้ผลดังตารางที่ 3.21

ตารางที่ 3.21 ปริมาณเมล็ดโกโก้ที่ผ่านการคัดขนาดที่ความเร็วรอบ 28 รอบต่อนาที อัตราการป้อนเมล็ดโกโก้ 1.6 ตันต่อชั่วโมง

ปริมาณเมล็ดโกโก้ที่ผ่านการคัดขนาด (ร้อยละ)		
ใหญ่	กลาง	เล็ก
2.1	73.7	24.2

6.6 ศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์

6.6.1 การคำนวณงบลงทุนคงที่

ก. อุปกรณ์ชุดการหมักโกโก้ เป็นกล่องไม้เนื้อแข็งขนาด 40 x 40 x 40 ซ.ม. เป็นลักษณะกล่องคู่ กล่องนี้จะต้องอยู่บนขาตั้ง 2 ชั้น ต่างระดับ ขาตั้งทำจากเหล็กฉาก ใน 1 ชุดของการหมัก จะประกอบด้วย กล่องหมัก 2 ใบ และขาตั้ง 1 อัน

ข. ตู้อบเมล็ดโกโก้ขนาดบรรจุ 200 และ 400 กิโลกรัม เมล็ดโกโก้สด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ตัวเตาให้พลังงานความร้อนและตัวตู้อบ

งบลงทุนคงที่ของลังหมักโกโก้ และตู้อบเมล็ดโกโก้ได้แสดงในตารางที่ 3.22 และ 3.23

ตารางที่ 3.22 งบลงทุนคงที่ของลังหมักโกโก้และตู้อบเมล็ดโกโก้ ระดับผลิตทดลองขุ 200 กิโลกรัม เมล็ดโกโก้สด

ประเภท	จำนวน (หน่วย)	ราคา (บาท)
งบลงทุนคงที่		
1. ลังหมักโกโก้และขาตั้ง		10,860.-
2. ตู้อบเมล็ดโกโก้		
2.1 เตาให้พลังงานความร้อน	1	12,978.-
2.2 ตัวตู้อบ ขนาด 200 กิโลกรัม	1	51,774.-
รวมราคาตู้อบเมล็ดโกโก้	1	64,752.-
รวมงบลงทุนคงที่		***75,612.-***

ตารางที่ 3.23 งบลงทุนคงที่ของลังหมักโกโก้และตู้อบเมล็ดโกโก้ ระดับผลิตทดลองขุ 400 กิโลกรัม เมล็ดโกโก้สด

ประเภท	จำนวน (หน่วย)	ราคา (บาท)
งบลงทุนคงที่		
1. ลังหมักเมล็ดโกโก้		-
2. ตู้อบเมล็ดโกโก้		
2.1 เตาให้พลังงานความร้อน	1	15,400.-
2.2 ตู้อบเมล็ดโกโก้	1	79,970.-
รวมราคาตู้อบเมล็ดโกโก้	1	95,370.-
รวมงบลงทุนคงที่		***95,370***

6.6.2 การคำนวณต้นทุนการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง 1 กิโลกรัม ของตู้อบเมล็ดโกโก้สด ขนาด 400 กิโลกรัม

1. ค่าวัตถุดิบ

จากการอบเมล็ดโกโก้แห้ง พบว่า อัตราส่วนของเมล็ดโกโก้สดต่อเมล็ดโกโก้แห้ง มีค่าเท่ากับ 2.5 : 1 นั่นคือ เมล็ดโกโก้สด 2.5 กิโลกรัม จะได้เมล็ดโกโก้แห้ง 1 กิโลกรัม ราคาเมล็ดโกโก้สด 1 กิโลกรัม เท่ากับ 7.50 บาท

ดังนั้น ราคาวัตถุดิบ = 18.75 บาท

2. ค่าเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่ใช้ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ไฟฟ้าใช้ในการหมุนมอเตอร์ของใบกวน และชุดพัดลมเป่าลมร้อน เชื้อเพลิงอีกประเภทหนึ่ง คือ ไม้ฟืน ซึ่งตัวเลขที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยต่อการทดลอง

(2.1) ค่าไฟฟ้า = 0.23 บาท

(2.2) ค่าฟืน = 0.46 บาท

3. ค่าแรงงาน

ปกติเกษตรกรจะใช้แรงงานของเกษตรกรเอง และเนื่องจากการทำเมล็ดโกโก้แห้งของบ้านคุณประยูรนี้ รับซื้อเมล็ดโกโก้สดมา จึงไม่ต้องมีค่าแรงในการเร่งผ่าฟักโกโก้ ค่าแรงที่เกิดขึ้นจึงเป็นค่าแรงที่คอยเติมฟืนและตอนเก็บเมล็ดโกโก้

โดยตั้งสมมุติฐานในการใส่ฟืนและเก็บเมล็ดโกโก้ใช้ 2 คนต่อการอบ 1 ครั้ง ในอัตรา 120 บาทต่อวันต่อคน

ดังนั้น ค่าแรง = 1.20 บาท

4. ค่าเครื่องใช้ (กะลามัง, ถัง, เข่ง)

เกษตรกรจะใช้เข่งในการหมัก และใช้กะลามัง และถังในการใส่เมล็ดโกโก้สดก่อนและหลังหมัก เพื่อเข้าสู่กระบวนการอบ ซึ่งในการซื้อเข่ง กะลามัง และถัง ประมาณปีละ 20,000 บาท

ดังนั้น ค่าเครื่องใช้ = 1.00 บาท

5. ค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซม

เป็นค่าบำรุงรักษาตู้อบและเตา โดยคิดในอัตราร้อยละ 10 ต่อปี ของราคาตู้อบและเตา

การอบเมล็ดโกโก้สด 400 กิโลกรัม ให้เป็นเมล็ดโกโก้แห้ง มีความชื้นร้อยละ 7.0 จะต้องใช้เวลา 28 - 30 ชั่วโมง ฉะนั้นจึงคิดว่าในการอบเมล็ดโกโก้ 1 ครั้งใช้เวลา 2.5 วัน (2 วันครึ่ง) ใน 1 เดือน จะอบได้จำนวน 6 ครั้ง ใน 1 ปี จะมีเมล็ดโกโก้มาก ประมาณ 8 เดือน ยกเว้น เดือนมีนาคมถึงมิถุนายน ซึ่งก็มีบ้างแต่ไม่มาก

ดังนั้น ใน 1 ปี จะมีระยะเวลาทำการประมาณเฉลี่ย = 100 ครั้ง ซึ่งเมื่ออบเมล็ดโกโก้สด 400 กิโลกรัม จะได้เมล็ดโกโก้แห้งประมาณ 199 - 200 กิโลกรัม

ดังนั้น ผลผลิตเมล็ดโกโก้แห้งในเวลา 1 ปี = 20,000 กิโลกรัม

ดังนั้น ค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซม $= \frac{0.10 \times 95,370}{20,000}$ บาท

$= 0.48$ บาท

ดังนั้น รวมต้นทุนการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง = 22.12 บาท

ราคาขายเมล็ดโกโก้แห้ง 1 กิโลกรัม = 24 บาท

ดังนั้น ระยะคืนทุน $= \frac{\text{งบลงทุน}}{\text{รายรับต่อปี}}$

$= 2.5$ ปี

ระยะเวลาคืนทุน 2.5 ปีนี้ หากเกษตรกรจะลงทุนในการจัดหาตู้อบแห้งนี้ จะเป็นการลงทุนค่อนข้างสูง การรวมกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ จึงเป็นหนทางหนึ่งในการจัดหาอุปกรณ์ดังกล่าวได้ โดยไม่ต้องลงทุนมาก หรือรัฐจะเข้าไปช่วยในลักษณะการจัดหาก่อนแล้วผ่อนใช้ภายหลัง

3.7 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากเปลือกโกโก้

3.7.1. ผลิตภัณฑ์คุกกี้

ก. สมบัติทางเคมีของเปลือกโกโก้ การวิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกโกโก้ ได้แสดงในตารางที่ 3.24

ตารางที่ 3.24 สมบัติทางเคมีของเปลือกโกโก้

องค์ประกอบ	%[1] (น้ำหนักแห้ง)
ความชื้น[2]	82.28 ± 0.78
โปรตีน	5.39 ± 0.22
ไขมัน	0.28 ± 0.01
เถ้า	9.47 ± 0.01
ใยอาหารทั้งหมด	61.48 ± 0.34
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	48.40 ± 0.49
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	11.55 ± 0.23
ลิกนิน	19.03 ± 0.90
เซลลูโลส	26.25 ± 0.55
คาร์โบไฮเดรต[3]	23.88

หมายเหตุ [1] = ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เฉลี่ย 4 ซ้ำ)

[2] = คิดจากน้ำหนักเปียก

[3] = ได้จากการคำนวณ

จากตารางที่ 3.24 จะเห็นได้ว่าเปลือกโกโก้ประกอบด้วยน้ำ (82.28%) เป็นหลัก มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดในเปลือกโกโก้มีค่าถึงร้อยละ 61.48 โดยน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและละลายน้ำ มีค่าร้อยละ 48.4 และ 11.55 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ข. การสกัดไยอาหาร ปริมาณโปรตีนและเถ้าหลังจากการสกัดด้วยด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ได้แสดงดังตารางที่ 3.25

ตารางที่ 3.25 ปริมาณโปรตีนและเถ้าหลังจากขั้นตอนสกัดที่ 65 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนักตัวอย่าง	ระยะเวลาแช่ (นาที)	โปรตีน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)	เถ้า ^{ns} (ร้อยละน้ำหนักแห้ง)
15	30	6.8820^{a}	5.7617
20	30	6.3253^{ab}	6.0340
25	30	6.4817^{ab}	6.3047
15	60	6.5853^{a}	5.6197
20	60	6.1533^{ab}	5.2700
25	60	5.7877^{a}	5.2800

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแนวตั้ง แสดงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

^{ns} = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาและอุณหภูมิในการแช่ไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนและเถ้า แต่ว่าความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 และ 25 ของน้ำหนักตัวอย่างมีผลต่อปริมาณโปรตีนอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ในขณะที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 20 ไม่มีผลแตกต่างในการกำจัดโปรตีนจากการใช้ในระดับความเข้มข้นร้อยละ 15 และ 25 โดยน้ำหนักตัวอย่าง ($P > 0.05$) แสดงให้เห็นว่า วิธีปฏิบัติโดยการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนักตัวอย่าง ใช้เวลาแช่นาน 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสม

ค. การกำจัดลิกนิน และการฟอกสี

ตารางที่ 3.26 แสดงปริมาณลิกนินของเปลือกโกโก้ที่ได้จากสภาวะต่าง ๆ ปริมาณลิกนินของใยอาหารลดลงเมื่อความเข้มข้นของ H_2O_2 เพิ่มขึ้น และจำนวนครั้งที่ใช้ในการฟอกสีและกำจัดลิกนิน จากตารางพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดลิกนินนั้น เมื่อใช้ H_2O_2 ร้อยละ 15 โดยน้ำหนักของตัวอย่าง และใช้การกำจัด 2 ครั้ง หรือใช้ H_2O_2 ร้อยละ 20 โดยน้ำหนักของตัวอย่าง และทำการกำจัดเพียงครั้งเดียว

ตารางที่ 3.26 ปริมาณลิกนินของใยอาหารเมื่อผ่านขั้นตอนกำจัดลิกนิน

ความเข้มข้นของ H_2O_2 (ร้อยละของน้ำหนักตัวอย่าง)	จำนวนครั้งที่กำจัด	ปริมาณลิกนิน (%)		
		อุณหภูมิห้อง	50 °ซ	65 °ซ
10	1	24.1697^{abc}	25.5033^{ab}	25.8097^{a}
	2	21.5990^{fgh}	22.3483^{efg}	23.1663^{cdef}
15	1	23.7470^{cde}	23.4677^{cde}	24.1840^{bcd}
	2	21.1830^{gh}	22.8960^{def}	22.4770^{efg}
20	1	21.5983^{fgh}	22.3780^{efg}	23.4687^{cde}
	2	20.4393^{h}	22.4450^{efg}	22.3227^{efg}

หมายเหตุ อักษรเหมือนกัน แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

คุณลักษณะของสีของเส้นใย หลังจากขั้นตอนการฟอกสี จะพบว่า เมื่อความเข้มข้นของ H_2O_2 เพิ่มขึ้นและจำนวนครั้งของการฟอกสีเพิ่มขึ้น จะให้เส้นใยขาวขึ้น ที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่าคุณสมบัติของการฟอกสีของ H_2O_2 กล่าวคือ ค่าการแตกตัวของ H_2O_2 ไปเป็นน้ำและออกซิเจนจะมีอัตราเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น คุณลักษณะของสีของเส้นใยได้แสดงในตารางที่ 3.27 และรูปที่ 3.29

รูปที่ 3.29 ลักษณะของเปลือกโกโก้และใยอาหาร

ตารางที่ 3.27 คุณลักษณะของสีของเส้นใยหลังผ่านขั้นตอนการฟอกสี

ความเข้มข้นของ NaOH (ร้อยละโดยน้ำหนักตัวอย่าง)	จำนวนครั้งที่ฟอกสี	ค่า L อุณหภูมิ ($^{\circ}$ซ)			ค่า b อุณหภูมิ ($^{\circ}$ซ)		
		อุณหภูมิห้อง	50	65	อุณหภูมิห้อง	50	65
10	1	46.52^{kl}	45.59^{el}	48.65^{fk}	4.76^{a}	4.21^{bc}	4.21^{bc}
	2	58.79^{de}	56.78^{ef}	52.63^{hi}	3.41^{fg}	3.48^{efg}	3.74^{cdef}
15	1	52.03^{hi}	48.87^{jk}	50.04^{ij}	4.24^{b}	3.90^{bcde}	3.66^{defg}
	2	63.47^{ab}	60.02^{cd}	55.99^{fg}	2.25^{f}	2.87^{hi}	3.25^{gh}
20	1	54.17^{gh}	52.16^{hi}	52.00^{hi}	3.98^{bcd}	3.77^{bcdef}	3.73^{cdef}
	2	65.27^{a}	62.11^{bc}	60.47^{cd}	1.67^{k}	2.39^{j}	2.52^{ij}

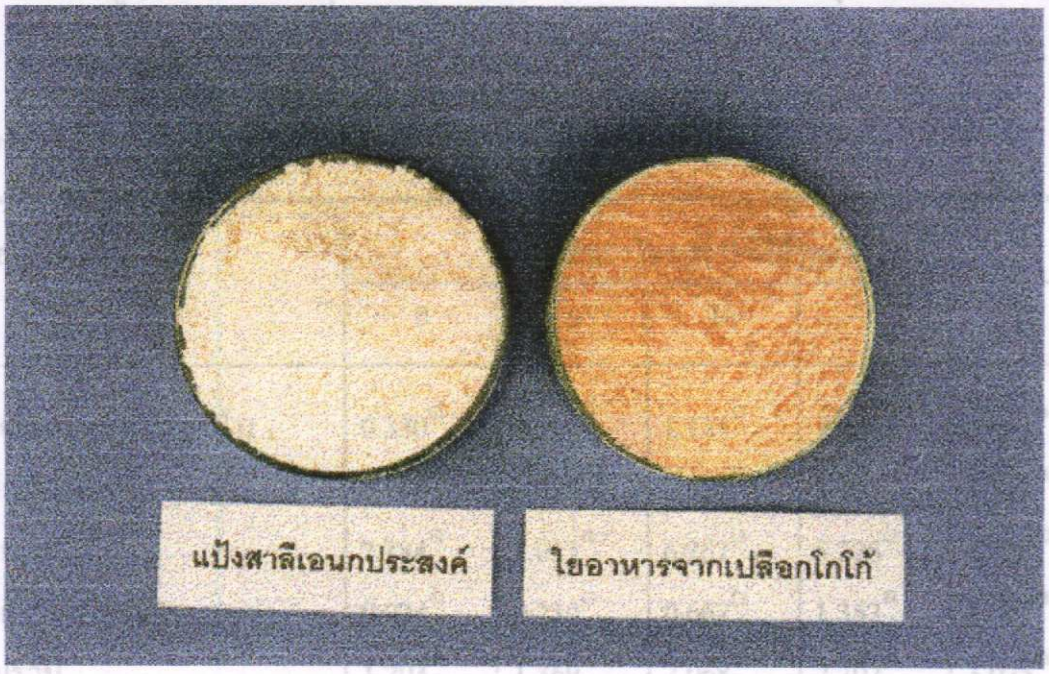
หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

ง. องค์ประกอบของเส้นใยอาหาร การสกัดเส้นใยอาหารจากเปลือกโกโก้ พบว่าให้ผลผลิตร้อยละ 33.23 ของเปลือกโกโก้ เมื่อนำใยอาหารไปบดให้ละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช แล้วนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบและวัดค่าทางกายภาพ ได้แสดงดังตารางที่ 3.28 และรูปที่ 3.30

ตารางที่ 3.28 สมบัติทางเคมีและกายภาพของใยอาหารจากเปลือกโกโก้

สมบัติ	% (โดยน้ำหนักแห้ง)
ความชื้น*	5.13 ± 0.11
โปรตีน	4.81 ± 0.20
ไขมัน	0.50 ± 0.07
ใยอาหารทั้งหมด	92.21 ± 0.42
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	90.32 ± 0.38
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	2.27 ± 0.31
คาร์โบไฮเดรต	1.25
ลิกนิน	20.82 ± 0.55
เซลลูโลส	54.09 ± 0.55
สี	
ค่า L	70.28
ค่า a	0.21
ค่า b	18.44
ความสามารถการดูดซับน้ำ	3.8 กรัมน้ำต่อกรัมของใยอาหาร

หมายเหตุ * โดยน้ำหนักเปียก



รูปที่ 3.30 ลักษณะของใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่ผ่านตะแกรง

จ. การเตรียมคุกกี้เสริมใยอาหาร ใช้ใยอาหารร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนักไปแทนที่แป้ง ในสูตรการทำคุกกี้จากการทดลองพบว่า เมื่อปริมาณใยอาหารที่ทดแทนแป้งเพิ่มขึ้น ชิ้นคุกกี้จะมีขนาดเล็กลงแต่หนาขึ้นและมีสีเข้มขึ้น ดังรูปที่ 3.31 จากรายงานของ Chen และคณะ (1988) ได้กล่าวว่า เมื่อปริมาณของใยอาหารจากผลแอปเปิลเพิ่มขึ้นเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นคุกกี้จะมีขนาดเล็กลง แต่ความหนาของคุกกี้จะเพิ่มขึ้น จากตารางที่ 3.29 แสดงคะแนนจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมคุกกี้เสริมใยอาหาร

ตารางที่ 3.29 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี QDA

ปัจจัยคุณภาพ	ร้อยละของใยอาหารที่ใช้ทดแทนแป้ง				
	0	5	10	15	20
ลักษณะปรากฏ (ผิวหน้า)	0.330^{d}	0.590^{d}	1.121^{c}	1.958^{b}	2.657^{a}
สีแปลกปลอม	0.096^{d}	0.275^{d}	0.656^{c}	1.103^{b}	1.543^{a}
กลิ่นเนย	7.384^{a}	7.023^{a}	6.267^{b}	5.226^{c}	4.736^{c}
กลิ่นแปลกปลอม	0.074^{c}	0.230^{c}	0.667^{b}	1.352^{a}	1.667^{a}
ความร่วน	1.203^{c}	1.369^{c}	2.068^{b}	2.702^{a}	3.025^{a}
ความรู้สึกภายในปาก	0.180^{d}	0.378^{d}	0.755^{c}	1.398^{b}	1.838^{a}
ความฝาด	0.062^{c}	0.154^{c}	0.470^{b}	0.803^{a}	1.020^{a}
ความรู้สึกภายหลังการกลืน	0.165^{d}	0.404^{d}	0.913^{c}	1.426^{b}	1.824^{a}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนในแนวนอน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 3.29 แสดงให้เห็นว่าคุกกี้ที่เสริมใยอาหารร้อยละ 5 ไม่มีความแตกต่างจากคุกกี้ที่ไม่มีการเติมใยอาหารอย่างนัยสำคัญ ($P > 0.05$) เมื่อปริมาณใยอาหารที่ใช้ทดแทนแป้งมากขึ้น จะทำให้คุกกี้มีลักษณะนุ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะว่าคุณสมบัติการดูดซึมน้ำของใยอาหาร นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อใช้ใยอาหารทดแทนแป้งในปริมาณมากขึ้น จะทำให้คุกกี้มีกลิ่นไม้หรือกลิ่นไม้แห้ง และมีรสฝาดเพิ่มขึ้น

รูปที่ 3.31 ลักษณะของคุกกี้เสริมใยอาหาร

ตารางที่ 3.30 แสดงถึงการยอมรับรวมของคุกกี้เสริมใยอาหารจากผู้ทดสอบทั่วไป พบว่าผู้ทดสอบชิมยอมรับผลิตภัณฑ์คุกกี้ ที่มีการทดแทนแป้งด้วยใยอาหารจากเปลือกโกโก้ทุกระดับ แต่ผู้บริโภคจะชอบผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ใช้ใยอาหารทดแทนแป้ง ร้อยละ 5 มากที่สุด

ตารางที่ 3.30 ค่าคะแนนเฉลี่ย การยอมรับของการทดสอบด้วยประสาทสัมผัส

ร้อยละปริมาณใยอาหารที่ใช้ทดแทนแป้ง	คะแนน
0	7.78^{a}
5	7.40^{a}
10	6.73^{b}
15	6.18^{c}
20	5.91^{c}

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่อักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

ฉ. การเพิ่มปริมาณน้ำในสูตรคุกกี้ จากการทดลองเพิ่มปริมาณน้ำในสูตรคุกกี้ ในอัตราที่ใยอาหารสามารถดูดซับน้ำได้ (3.8 กรัมน้ำต่อกรัมใยอาหาร) และใช้ใยอาหารทดแทนแป้งให้มากขึ้น เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.31 และตารางที่ 3.32

ตารางที่ 3.31 คะแนนเฉลี่ยของการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแต่ละปัจจัยของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมใยอาหารด้วยวิธี QDA

ปัจจัยคุณภาพ	ร้อยละของใยอาหารที่ใช้ทดแทนแป้ง			
	ชุดควบคุม	7	8	9
ลักษณะปรากฏ (ผิวหน้า)	1.9458^{b}	3.4417^{a}	2.8667^{a}	3.3042^{a}
สีแปลกปลอม	1.3708^{b}	1.5208^{ab}	1.7333^{ab}	2.1875^{a}
กลิ่นเนย	3.8167^{a}	3.4292^{a}	3.4875^{a}	3.3042^{a}
กลิ่นแปลกปลอม	2.0925^{a}	2.1583^{a}	2.4000^{a}	2.3917^{a}
ความร่วน	4.6458^{a}	4.5917^{a}	4.8875^{a}	5.4625^{a}
ความฝาด	1.1458^{b}	1.5125^{ab}	1.5208^{ab}	1.7250^{a}
ความรู้สึกภายในปาก	2.4750^{a}	2.7292^{a}	3.1042^{a}	3.3708^{a}
ความรู้สึกภายหลังการกลืน	2.3417^{a}	2.4167^{a}	2.5125^{a}	2.9250^{a}

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 3.32 คะแนนเฉลี่ยความชอบรวมของผลิตภัณฑ์คุกกี้เสริมใยอาหารประเมินด้วยวิธี Hedonic scale

ร้อยละปริมาณใยอาหารที่ใช้ทดแทนแป้ง	คะแนน
ชุดควบคุม	7.0500^{a}
7	6.6667^{ab}
8	6.7667^{ab}
9	6.3833^{b}

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 3.31 จะพบว่าผลิตภัณฑ์คุกกี้ที่ใช้ใยอาหารทดแทนแป้งในปริมาณร้อยละ 7, 8 และ 9 จะไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) กับชุดควบคุมในปัจจัย กลิ่นเนย กลิ่นแปลกปลอม และความร่วน ในขณะที่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) กับชุดควบคุมในปัจจัยลักษณะปรากฏที่ผิวหน้า

สำหรับความชอบรวม เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 3.32 จะพบว่าเมื่อปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้นความชอบรวมจะลดลง ปริมาณใยอาหารที่ใช้ทดแทนแป้งร้อยละ 7 และ 8 และชุดควบคุม ผู้บริโภคมีความชอบปานกลาง ในขณะที่ใช้ใยอาหารทดแทนแป้งร้อยละ 9 ผู้บริโภคมีความชอบเล็กน้อย

3.7.2 ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำเสริมใยอาหาร

ก. ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีปริมาณไขมันต่ำจากการกำหนดปริมาณไขมัน นมโปรตีน และคาราจีแนน ให้อยู่ในช่วง 15 - 65, 20 - 50 และ 15 - 100 ตามลำดับ ของปริมาณส่วนผสมของมันหมูรวมกับนมโปรตีนในสูตรมาตรฐาน เมื่อวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ จะได้สูตรส่วนผสมดังนี้ 65 : 15 : 20 (สูตร A), 35 : 15 : 50 (สูตร B), 25 : 25 : 5 (สูตร C), 55 : 25 : 20 (สูตร D) และ 45 : 20 : 35 (สูตร E) สำหรับส่วนผสมอื่น ๆ ให้คงที่ เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีเรียงลำดับความชอบได้ผลดังตารางที่ 3.33 และจากการวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบค่าคะแนนรวมที่ระดับสูง และค่าคะแนนรวม ที่ระดับต่ำของส่วนประกอบนั้น ๆ พบว่า มันหมูและนมโปรตีนต่างแสดงความชอบของผลิตภัณฑ์ในทางบวก กล่าวคือ เมื่อปริมาณมันหมู และนมโปรตีนเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความชอบมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่คาราจีแนนจะมีผลตรงกันข้าม ทั้งนี้เนื่องจากมันหมูมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสมีลักษณะนุ่ม ยืดหยุ่นตัวที่ดี ในส่วนของนมโปรตีน จะมีผลต่อรสชาติของผลิตภัณฑ์ทำให้กลิ่นรสของเครื่องเทศจืดจางลงไป (พิษณุ, 2535) สำหรับผลของคาราจีแนนจะทำให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีลักษณะแข็ง ขาดความนุ่ม และความชุ่มน้ำ เพราะคุณสมบัติการดูดซับน้ำของคาราจีแนนเข้ามาอยู่ในโครงสร้าง

ตารางที่ 3.33 คะแนนรวมของการจัดลำดับความชอบของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ จากการวางแผนทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 1

สูตร	คะแนนรวม
A	68
B	60
C	54
D	66
E	55

หมายเหตุ ผลรวมจากผู้ทดสอบชิม 15 คน กำหนดคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด คะแนนเท่ากับ 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด

จากผลการทดลองครั้งนี้ จึงได้วางแผนปรับสูตรของผลิตภัณฑ์เป็นครั้งที่ 2 โดยใช้แผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ โดยกำหนดให้ปริมาณมันหมูอยู่ในช่วงร้อยละ 15 - 60 นมโปรตีนร้อยละ 20 - 50 และคาราจีแนนร้อยละ 5 - 10 ของปริมาณส่วนผสมของมันหมู รวมกับนมโปรตีนในสูตรมาตรฐาน ซึ่งจะได้สูตรดังนี้ 60 : 10 : 30 (สูตร ก), 65 : 5 : 30 (สูตร ข), 45 : 5 : 50 (สูตร ค), 40 : 10 : 50 (สูตร ง) และ 55 : 7 : 38 (สูตร จ) เมื่อผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้ผลดังตาราง 3.34

ตารางที่ 3.34 คะแนนรวมของการจัดลำดับความชอบของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ จากการวางแผนทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ครั้งที่ 2

สูตร	คะแนน
ก	62^{a}
ข	50^{b}
ค	31^{b}
ง	63^{a}
จ	44^{b}

หมายเหตุ * ผลรวมของผู้ทดสอบชิม 15 คน โดยกำหนดคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด คะแนนเท่ากับ 5 หมายถึง ชอบมากที่สุด
อักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 3.34 จะเห็นว่า สูตร ก และ ง ไม่มีความแตกต่างกันในด้านความชอบ แต่เนื่องจากวัตถุประสงค์ในการทดลองครั้งนี้ต้องการไส้กรอกที่มีไขมันต่ำ จึงเลือกสูตร ง เป็นสูตรมาตรฐานในการพัฒนาต่อไป

ข. ผลของใยอาหารจากเปลือกโกโก้และความสัมพันธ์ระหว่างนมโปรตีนกับคาราจีแนนที่มีต่อคุณภาพของไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ

เมื่อทำการผลิตไส้กรอกซึ่งประกอบด้วยสูตรที่มีส่วนผสมของนมโปรตีนกับคาราจีแนน สูตรที่มีคาราจีแนนเพียงอย่างเดียว และสูตรที่มีนมโปรตีนเพียงอย่างเดียว โดยทั้ง 3 สูตรมีการเติมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักรวมทั้งหมด และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตรมาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยวิธี ทดสอบเชิงพรรณา โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน ประเมินคุณลักษณะในเรื่องของสี ลักษณะเนื้อสัมผัส ความแน่นเนื้อ (firmness), ความชุ่มน้ำ, ความสม่ำเสมอ, รสเครื่องเทศ, ความรู้สึกเป็นทรายเมื่ออยู่ในปาก สำหรับด้านความชอบรวมของผู้ทดสอบชิมใช้วิธี Hedonic scale ให้ผลดังนี้

ลักษณะปรากฏ พิจารณาถึงความละเอียดหรือความเนียนของเนื้อสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทั้ง 3 สูตร มีความเนียนของเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงว่าปริมาณนมโปรตีน มันหมูและคาราจีแนนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความเนียนของเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์

สี พิจารณาถึงความเข้มของสี พบว่าทั้งสามสูตรไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงว่าปริมาณนมโปรตีน มันหมู และคาราจีแนนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์

ความแน่นเนื้อ พบว่า สูตรที่ผสมคาราจีแนนเพียงอย่างเดียวจะมีความแน่นเนื้อหรือความแข็งของเนื้อมากกว่าสูตรอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากคาราจีแนนจะมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำที่ดีทำให้ปริมาณน้ำรวมภายในสูตรลดลง ส่วนสูตรที่ผสมนมโปรตีนเพียงอย่างเดียวจะมีความแน่นเนื้อต่ำ และพบว่าสูตรที่ผสมนมโปรตีนกับคาราจีแนนจะให้ลักษณะความแน่นเนื้อดีที่สุด เนื่องจากมีส่วนผสมของนมโปรตีนที่ช่วยในการอุ้มน้ำ เป็นตัวเชื่อมในการยึดเกาะขององค์ประกอบต่าง ๆ ทำให้เกิดลักษณะเป็นเจลที่ดี

ความชุ่มน้ำ พบว่า สูตรที่มีนมโปรตีนเพียงอย่างเดียว และสูตรที่มีนมโปรตีนกับคาราจีแนนจะมีความชุ่มน้ำมากกว่าสูตรอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากทั้งสองสูตรมีนมโปรตีน โดยนมโปรตีนจะมีคุณสมบัติในการจับตัวกับน้ำและไขมันได้ดีและในโครงสร้างของนมโปรตีนเองที่ใช้ในผลิตภัณฑ์จะมีองค์ประกอบของน้ำอยู่ในโครงสร้างสูง ทำให้ปริมาณน้ำรวมภายในสูตรสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ทำให้เกิดลักษณะความชุ่มน้ำสูงแต่สูตรที่ผสมนมโปรตีนเพียงอย่างเดียวจะให้ลักษณะความชุ่มน้ำมากเกินไป โดยสูตรที่ผสมคาราจีแนนรวมกับนมโปรตีนจะให้ลักษณะความชุ่มน้ำที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีส่วนผสมของคาราจีแนนเป็นตัวช่วยลดปริมาณน้ำภายในสูตรให้มีปริมาณน้ำอยู่ในสภาวะการเกิดเจลที่ดี (สันติ, 2535)

ความสม่ำเสมอ พบว่า 3 สูตรมีลักษณะความสม่ำเสมอที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แสดงว่าปริมาณนมโปรตีน มันหมูและคาราจีแนนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์

รสเครื่องเทศ พบว่าทั้ง 3 สูตร จะมีกลิ่นรสเครื่องเทศที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) แสดงว่าปริมาณนมโปรตีน มันหมูและคาราจีแนนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อรสเครื่องเทศของผลิตภัณฑ์

ความชอบรวม ด้วยวิธี Hedonic scale จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าทั้ง 3 สูตร มีความชอบรวมที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์ทั้งสามสูตรมีลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ไม่แตกต่างกันมากนักผู้ทดสอบชิมยังคงยอมรับได้

ค. ผลของใยอาหารจากเปลือกโกโก้ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ

จากการทดลองเปรียบเทียบระหว่างสูตรผลิตภัณฑ์ไส้กรอกในข้อ 3 มีคาราจีแนน และเติมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ร้อยละ 0.6 และสูตรที่ไม่ได้เติมใยอาหาร ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสในปัจจัยความชอบรวมด้วยวิธี Hedonic Scale และวิธี QDA ในปัจจัยในเรื่องของสี ลักษณะเนื้อสัมผัส ความแน่นเนื้อ ความชุ่มน้ำ ความสม่ำเสมอ รสเครื่องเทศ ความรู้สึกเป็นทรายเมื่ออยู่ในปาก นำคะแนนการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์สถิติ ANOVA และ DMRT ได้ดังนี้

ลักษณะปรากฏ พิจารณาถึงความละเอียดหรือความเนียนของเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ไส้กรอกทั้ง 2 สูตร มีความเนียนของเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงว่าปริมาณใยอาหารที่เติมเข้าไปปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักรวมทั้งหมดไม่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสไส้กรอก

สี พิจารณาถึงความเข้มของสี พบว่าทั้งสองจะมีความเข้มของสีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงว่าปริมาณใยอาหารที่เติมเข้าไปปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักรวมทั้งหมดจะไม่มีผลต่อสีของไส้กรอก

ความแน่นเนื้อ พบว่าสูตรที่มีการเติมใยอาหารจะมีความแน่นเนื้อหรือความแข็งของเนื้อมากกว่าสูตรที่ไม่ได้เติมใยอาหาร เนื่องจากใยอาหารที่เติมเข้าไปจะมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณน้ำในสูตรรวมมีค่าลดต่ำลง ทำให้สูตรไส้กรอกที่มีการเติมใยอาหารมีลักษณะที่แข็งและมีความแน่นเนื้อมากกว่า

ความชุ่มน้ำ พิจารณาถึงความชุ่มชื่นน้ำหรือความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์ พบว่าจะมีความชุ่มน้ำของเนื้อไส้กรอกที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงว่าปริมาณใยอาหารที่เสริมเข้าไปปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักรวมทั้งหมดจะไม่มีผลต่อความชุ่มน้ำของไส้กรอก เนื่องจากปริมาณของใยอาหารที่เติมเข้าไปยังมีปริมาณที่ต่ำอยู่

ความสม่ำเสมอ พบว่า สูตรที่เติมใยอาหารจะมีความสม่ำเสมอน้อยกว่าสูตรที่ไม่มีการเติมใยอาหาร เนื่องจากใยอาหารที่เติมเข้าไปจะเป็นตัวขัดขวางการสร้างเจลของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ทำให้การเกิดเจลและการเกาะตัวที่ไม่สม่ำเสมอ

รสเครื่องเทศ พบว่าทั้ง 2 สูตร จะมีกลิ่นรสเครื่องเทศที่ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แสดงว่าปริมาณใยอาหารที่เติมเข้าไปปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักรวมทั้งหมดจะไม่มีผลต่อรสเครื่องเทศของไส้กรอกเนื่องจากปริมาณของใยอาหารที่เติมเข้าไปยังมีปริมาณที่ต่ำอยู่

ความรู้สึกเป็นทรายในปาก พบว่าทั้ง 2 สูตรไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) ในปัจจัยความรู้สึกเป็นทรายเมื่อเคี้ยวไส้กรอก แสดงว่าใยอาหารที่เติมเข้าไปนั้นจะไม่มีผลทำให้เกิดลักษณะความเป็นทรายในปาก แต่ผู้ทดสอบชิมคิดไปเองว่าเป็นไส้กรอกที่มีการเติมใยอาหารจากเปลือกโกโก้จะต้องมีลักษณะที่เป็นทราย ทำให้เกิดความผิดพลาดในการทดสอบ

ความชอบรวม ด้วยวิธี Hedonic scale จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าทั้ง 2 ชุดการทดลองมีความชอบรวมที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงว่าปริมาณใยอาหารที่เติมเข้าไปปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดจะไม่มีผลต่อความชอบรวมของไส้กรอก เนื่องจากปริมาณของใยอาหารที่เติมเข้าไปยังมีปริมาณที่ต่ำอยู่

ง. สมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำเสริมใยอาหารจากเปลือกโกโก้แต่ละสูตร

จากตารางที่ 3.35 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า โดยวิธี A.O.A.C. (1990) วิเคราะห์ปริมาณใยอาหารทั้งหมด ใยอาหารที่ละลายน้ำและที่ไม่ละลายน้ำ และคำนวณหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ประโยชน์ได้ ได้ผลดังนี้

ปริมาณความชื้น พบว่าสูตรที่มีนมโปรตีนเพียงอย่างเดียวและมีการเติมใยอาหารปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดจะมีปริมาณความชื้นสูงที่สุด คือ ปริมาณร้อยละ 69.92 เนื่องจากมีองค์ประกอบของนมโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ ซึ่งนมโปรตีนที่ผสมเข้าไปจะมีผลทำให้เกิดสภาพอิมัลชั่นกับน้ำอุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะนำไปผสม ทำให้มีปริมาณน้ำอยู่ในโครงสร้างเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณความชื้นสูงกว่า

สูตรอื่น ๆ ส่วนสูตรที่ผสมคาราจีแนนเพียงอย่างเดียวและไม่มีการเติมใยอาหาร ปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด จะมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุดคือปริมาณร้อยละ 62.43 เนื่องจากมีคาราจีแนนและใยอาหารเป็นองค์ประกอบอยู่ซึ่งสารทั้งสองจะมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำที่ดีทำให้ปริมาณความชื้นลดลง

ปริมาณโปรตีน พบว่าสูตรที่มีนมโปรตีนกับคาราจีแนนและมีการเติมใยอาหารปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด จะมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด คือปริมาณร้อยละ 16.45 เนื่องจากมีองค์ประกอบของนมโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ ซึ่งนมโปรตีนที่ผสมเข้าไปปริมาณร้อยละ 34.4 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมดของสูตรมาตรฐาน ดังตารางที่ 3.35 ทำให้สูตรที่ได้จากการพัฒนาที่มีนมโปรตีนกับคาราจีแนนเป็นองค์ประกอบหลักนี้จะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า

ปริมาณไขมัน พบว่า สูตรที่มีปริมาณไขมันสูงสุดซึ่งมีปริมาณร้อยละ 46.15 ซึ่งเป็นสูตรมาตรฐานที่นำมาใช้ในการทดลอง พบว่าทุกสูตรที่มีการพัฒนามีปริมาณไขมันลดต่ำลงจากสูตรมาตรฐาน ดังตารางที่ 3.36 โดยสูตรที่ผสมคาราจีแนนเพียงอย่างเดียวและไม่มีการเติมใยอาหาร จะมีปริมาณไขมันต่ำที่สุดคือ ปริมาณร้อยละ 29.41 ลดลงถึงร้อยละ 17.74

ปริมาณเถ้า พบว่าสูตรมาตรฐานจะมีปริมาณเถ้าสูงสุด คือ ปริมาณร้อยละ 3.68 และสูตรที่มีส่วนผสมของนมโปรตีนเพียงอย่างเดียวและมีการเติมใยอาหาร ปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนัก ส่วนผสมทั้งหมดจะมีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด คือ ปริมาณร้อยละ 0.95

ปริมาณใยอาหารทั้งหมด พบว่าแต่ละสูตรจะมีปริมาณใยอาหารที่ไม่แตกต่างกันมาก โดยสูตรที่ผสมคาราจีแนนเพียงอย่างเดียวและมีการเติมใยอาหาร ปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด จะมีปริมาณใยอาหารสูงสุด คือ ปริมาณร้อยละ 49.65 เนื่องจากคาราจีแนนที่ใส่เข้าไปนี้เป็นไอโอต้าคาราจีแนนที่สกัดมาจากสาหร่ายทำให้มีปริมาณใยอาหารอยู่ระดับหนึ่งเมื่อมีการเสริมใยอาหารเพิ่มเข้าไปอีกทำให้มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดสูงกว่าสูตรอื่น ๆ

ตารางที่ 3.35 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์สูตรต่าง ๆ ที่มีการเติม และไม่เติมใยอาหารจากเปลือกโกโก้ ปริมาณร้อยละ 0.6 ของน้ำหนักรวมทั้งหมด

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละของน้ำหนักแห้ง[1]				
	M	MC	NMC	C	NC
ความชื้น[2]	69.92 ± 0.30	68.76 ± 0.15	66.52 ± 0.10	64.35 ± 0.31	62.43 ± 0.13
โปรตีน	14.82 ± 2.20	16.45 ± 2.10	16.02 ± 2.00	12.63 ± 1.86	12.98 ± 2.32
ไขมัน	30.91 ± 0.50	29.33 ± 0.70	30.43 ± 0.20	31.74 ± 0.58	29.41 ± 0.80
เถ้า	0.95 ± 0.80	1.64 ± 0.32	1.08 ± 0.62	1.19 ± 0.76	3.72 ± 0.58
ใยอาหารทั้งหมด	34.17 ± 0.26	38.23 ± 0.42	31.68 ± 0.35	49.65 ± 0.39	47.82 ± 0.30
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	26.24 ± 0.32	27.08 ± 0.41	30.57 ± 0.31	48.31 ± 0.29	34.00 ± 0.28
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	0.89 ± 0.35	1.34 ± 0.34	1.12 ± 0.27	1.16 ± 0.34	1.00 ± 0.21
คาร์โบไฮเดรต[3]	19.15	14.35	20.79	4.79	6.07

หมายเหตุ M : สูตรที่มีส่วนผสมของนมโปรตีนเพียงอย่างเดียว MC : สูตรที่มีส่วนผสมของนมโปรตีนรวมกับคาราจีแนน
C : สูตรที่มีส่วนผสมของคาราจีแนนเพียงอย่างเดียว N : สูตรที่ไม่มีการเติมใยอาหาร

ตารางที่ 3.36 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ สูตรมาตรฐาน

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละของน้ำหนักแห้ง[1]
ความชื้น[2]	62.40 ± 0.20
โปรตีน	12.69 ± 2.60
ไขมัน	46.15 ± 0.60
เถ้า	3.68 ± 0.92
ใยอาหารทั้งหมด	1.53 ± 0.36
ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ	0.79 ± 0.29
ใยอาหารที่ละลายน้ำ	0.33 ± 0.38
คาร์โบไฮเดรต[3]	35.95

หมายเหตุ [1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2] คิดจากน้ำหนักเปียก

[3] จากการคำนวณ

จะเห็นได้ว่า ไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ที่มีส่วนผสมระหว่างนมโปรตีนกับคาราจีแนนเมื่อนำไปทดสอบประสาทสัมผัสจะมีความแน่นเนื้อ และความชุ่มน้ำดีกว่าสูตรอื่น ๆ

3.8 การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ชนิดย่อยสลายง่ายจากเปลือกโกโก้

ก. ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมในการแยกกะลาออกจากเปลือกโกโก้

ตารางที่ 3.37 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกโกโก้ พบว่าในเปลือกโกโก้มีปริมาณลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ร้อยละ 11.74, 23.13 และ 6.40 น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 3.37 องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง) ของเปลือกโกโก้

องค์ประกอบทางเคมี	ร้อยละของน้ำหนักแห้ง[1]
ความชื้น[2]	82.77 ± 0.56
เถ้า	8.85 ± 0.14
เยื่อใย	26.12 ± 0.08
ลิกนิน	11.74 ± 0.95
เซลลูโลส	23.13 ± 0.32
เฮมิเซลลูโลส	6.40

หมายเหตุ [1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ)
[2] คิดจากน้ำหนักเปียก

ในการแยกกะลาออกก่อนทำการสกัดเส้นใย โดยการแช่เปลือกโกโก้สดในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นต่าง ๆ และจับเวลา ได้ผลดังตารางที่ 3.38 จะพบว่า การแช่ที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก สามารถแยกกะลาออกได้ดี ในเวลา 6 - 7 ชั่วโมง มีเศษกะลาปะปนในส่วนที่แยกกะลาออกเล็กน้อย ในขณะที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 สามารถแยกกะลาออกได้เร็วกว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 เพียงเล็กน้อย ดังนั้นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการแช่เปลือกโกโก้ คือที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 3.38 ระยะเวลาการแช่เปลือกโกโก้ ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ และเวลาต่าง ๆ

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ระยะเวลาการแช่จนแยกกะลาออกได้ (ชั่วโมง)
20	11 - 12
30	6 - 7
40	6 - 6.5

หลังจากนำเปลือกที่ผ่านการแยกกะลาแล้ว มาต้มกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว นาน 30 นาที ได้เส้นใยคิดเป็นร้อยละ 1.19 ต่อน้ำหนักแห้งของเปลือกโกโก้ ซึ่งให้ผลผลิตที่ต่ำมาก เนื่องจากการสูญเสียไปกับขั้นตอนการแยกกะลา ลักษณะของเส้นใยที่ได้จะมีสีน้ำตาล มีปริมาณลิกนินร้อยละ 27.08 $\pm$ 0.54 ต่อน้ำหนักแห้งของเส้นใย และมีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 62.19 $\pm$ 0.88 ต่อน้ำหนักแห้งของเส้นใย ซึ่งมีมากกว่าเส้นใยจากกากชานอ้อย ซึ่งมีเพียงร้อยละ 22 - 24 โดยน้ำหนัก (Michel, et al., 1988) เส้นใยเปลือกโกโก้ที่ได้มีลักษณะหนาและแข็ง เพราะมีปริมาณเซลลูโลสซึ่งเป็นองค์ประกอบหลัก

ข. การฟอก ผลจากการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ได้ผลดังตารางที่ 3.39 และรูปที่ 3.32

รูปที่ 3.32 ลักษณะของเส้นใยจากเปลือกโกโก้

ตารางที่ 3.39 คุณลักษณะของค่าของสีของเส้นใย หลังผ่านขั้นตอนการฟอกสี

ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	ค่าสี		
	L	a	b
10	74.53 ± 0.25^{b}	2.41 ± 0.5^{ab}	15.88 ± 0.76^{b}
15	75.43 ± 0.28^{a}	3.32 ± 0.18^{a}	17.71 ± 1.19^{a}
20	73.45 ± 0.85^{b}	2.88 ± 0.10^{ab}	16.33 ± 0.35^{ab}

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากตารางจะพบว่า เส้นใยที่ผ่านการฟอกสีด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้นร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก จะได้เส้นใยที่ขาวมากที่สุด เนื่องจากสามารถกำจัดลิกนินและสารมีสีอื่น ๆ ออกไปได้มากทำให้เส้นใยมีน้ำหนักเบาและขาวกว่าที่ความเข้มข้นอื่น ๆ

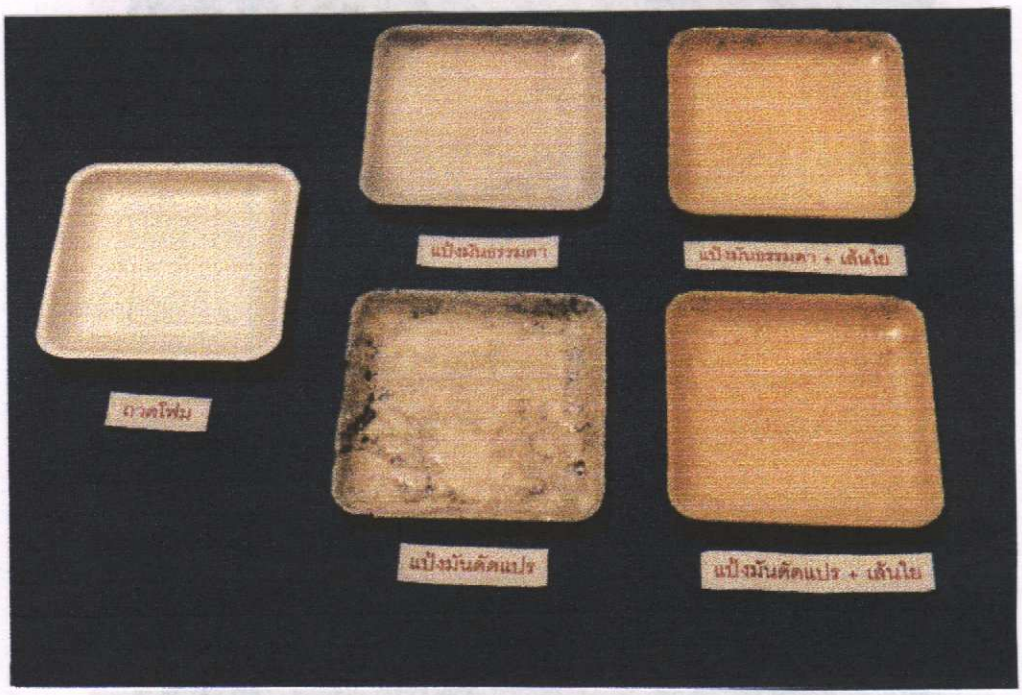
เมื่อนำเส้นใยไปทดสอบการดูดซับน้ำ พบว่า เส้นใยจากเปลือกโกโก้มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ 2.08 กรัมน้ำต่อกรัมเส้นใย Britt (1979) ได้รายงานไว้ว่าหากเส้นใยที่ประกอบด้วย เซลลูโลสมาก จะมีการดูดซับน้ำน้อย เพราะเซลลูโลสจะไม่อมน้ำ แต่ถ้าเส้นใยมีเฮมิเซลลูโลสมาก การดูดซึมน้ำจะมาก เพราะเฮมิเซลลูโลสจะพองตัวทำให้เส้นใยอมน้ำ นอกจากนี้หากโครงสร้างของเส้นใยมีรูพรุนน้อย ความสามารถในการดูดซึมน้ำก็จะต่ำ *(Gould et al., 1989 ; Ning et al., 1991)*

ค. ศึกษาการทำบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยที่สกัดได้ จากการทดลองพบว่า แป้งและน้ำเพียงอย่างเดียว สามารถขึ้นรูปเป็นถาดบรรจุภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายถาดโฟมได้ แต่เปราะและแตกง่าย เมื่อเพิ่มเส้นใยลงไปถาดจะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง เนื่องจากสีของเส้นใย ดังรูปที่ 3.33 ความหนาของถาดลดลง แต่น้ำหนักเพิ่มขึ้น ไม่เกิดการแตกหัก เมื่อนำไปตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า ถาดมีค่าการต้านแรงดัดโค้งและแรงกดเพิ่มขึ้น ดังตารางที่

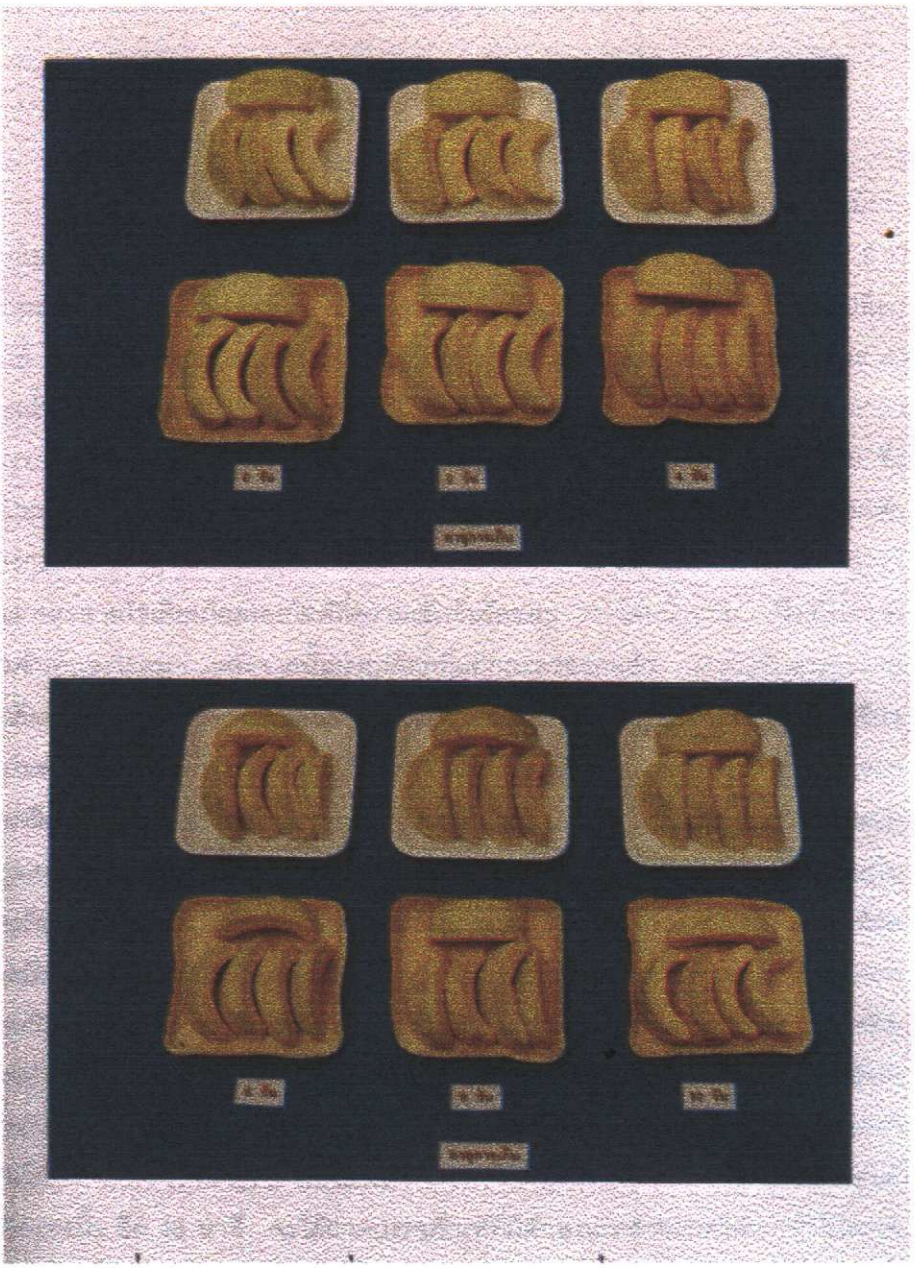
3.40 และ 3.41 แสดงว่าเส้นใยมีผลเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวและให้ความแข็งแรง เมื่อพิจารณาการดูดซึมน้ำ ถาดที่ใส่เส้นใยมีการดูดซึมน้ำน้อยกว่าถาดจากแป้งเพียงอย่างเดียว โดยเส้นใยมีผลให้การพองตัวแป้งลดลง ความหนาแน่นมากขึ้น *(Anderson, et al., 1981)* น้ำจึงแทรกตัวเข้าไปได้น้อย

นอกจากนี้ยังได้พบว่า คุณสมบัติทางกายภาพของถาดบรรจุภัณฑ์ โดยเฉพาะค่าการต้านแรงดัดโค้ง การต้านแรงกด และการดูดซับน้ำยังถูกกระทบกระเทือนจากชนิดของแป้ง และชนิดของสารยึดเหนี่ยวดังตารางที่ 3.40 และ 3.41 ถาดบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและมีการเติมเส้นใย กับสารยึดเหนี่ยว CMC ร้อยละ 10 จะให้ค่าคุณสมบัติกายภาพที่ดีกว่าตัวอย่างอื่น ๆ

ง. การใช้งานของถาดบรรจุภัณฑ์ เมื่อนำถาดบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตได้มาทดสอบการใช้งาน ได้ผลดังรูปที่ 3.34 จากการทดลองพบว่า น้ำหนักของฝรั่งที่บรรจุในถาดจะลดลงในขณะที่น้ำหนักถาดจะเพิ่มขึ้น ชิ้นฝรั่งจะมีลักษณะผิวแห้ง มีสีน้ำตาล เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น ในขณะที่ลักษณะปรากฏของถาดจะมีลักษณะนิ่มลง และเสียรูปทรง เนื่องจากการดูดซับน้ำจากชิ้นฝรั่ง นั่นเอง



รูปที่ 3.33 ถาดที่ผลิตจากแป้งมันสำปะหลังดัดแปรและใยเปลือกโกโก้



รูปที่ 3.34 ลักษณะของถาดและอาหาร หลังเก็บไว้ที่ 8-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0,2,4,6,8 และ 10

ตารางที่ 3.40 สมบัติของถาดที่ผลิตจากแป้งมันธรรมชาติผสมเส้นใยของเปลือกโกโก้ และสารยึดเหนี่ยวต่าง ๆ

สารยึดเหนี่ยว	ความชื้น (%)	น้ำหนักถาด (กรัม)	ความหนา (มิลลิเมตร)	การต้านแรงดัดโค้ง (กรัม/ตร.ซม.)	การต้านแรงกดทับ (กรัม/ตร.ซม.)	การดูดซึมน้ำ (กรัม/ตร.ซม.)
แป้งอย่างเดียว	6.404 a	9.997 e	0.416 a	1,051 a	1,066 cd	0.048 c
ไม่ใส่สารยึดเหนี่ยว	4.624 b	14.482 c	0.368 de	1,193 a	1,940 b	0.043 c
CMC 5%	5.813 a	18.779 b	0.355 f	1,149 a	2,041 b	0.043 c
CNC 10%	5.835 a	20.486 a	0.358 ef	1,098 a	4,135 a	0.071 ab
HPMC 5%	3.576 c	12.437 d	0.376 cd	888 a	983 d	0.053 bc
HPMC 10%	3.582 c	14.879 c	0.382 bc	875 a	985 d	0.086 a
MCC 5%	4.678 b	13.282 d	0.382 bc	1,092 a	1,646 bc	0.036 c
MCC 10%	4.997 b	15.000 c	0.390 b	1,324 a	1,226 cd	0.033 c

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

(Conclusion and Suggestion)

4.1 สรุป

จากการวิจัย เรื่อง โครงการวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพตู้อบเมล็ดโกโก้และการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้ เป็นระยะเวลา 2 ปีนี้ สามารถสรุปได้ว่า ประสิทธิภาพของเตาให้พลังงานความร้อน มีประสิทธิภาพร้อยละ 55 - 67 สามารถอบเมล็ดโกโก้สดได้ตั้งแต่ 200 - 400 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาการอบแห้งประมาณ 24 - 25 ชั่วโมง

ตู้อบเมล็ดโกโก้ที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ สามารถช่วยลดความเสียหายอันเนื่องจากการเกิดเชื้อราของเมล็ดโกโก้ในระหว่างการตากแดดที่เกษตรกรได้ปฏิบัติอยู่ ซึ่งจะมีผลต่อราคาของเมล็ดโกโก้แห้ง

ตู้อบเมล็ดโกโก้ขนาดความจุ 400 กิโลกรัม มีต้นทุนการสร้างในราคาเครื่องละ 95,370 บาท แต่ถ้ามีขนาดเล็กลง เช่น ขนาดความจุ 200 กิโลกรัมมีราคาเครื่องละ 64,752 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 2.5 ปี

ตู้อบเมล็ดโกโก้ที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้อบผลิตผลเกษตรอื่น ๆ ได้ เช่น มะพร้าว พริก และกาแฟ ซึ่งให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ดีกว่าการทำแห้งแบบดั้งเดิมของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

การใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ของเปลือกโกโก้ โดยนำเปลือกโกโก้มาทำการสกัดใยอาหาร ซึ่งใยอาหารนี้มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะในเรื่องของการขับถ่าย จึงได้มีการนำไปเพิ่มในอาหาร เช่น คุกกี้ ซึ่งเมื่อนำใยอาหารไปทดแทนแป้งสาลีในอัตราร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 พบว่าที่อัตราร้อยละ 5 ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด จึงได้นำมาพัฒนาสูตรเพื่อหาความเป็นไปได้ในการเพิ่มใยอาหารให้มากขึ้น พบว่าที่อัตราร้อยละ 7 ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด

นอกจากนี้ได้นำใยอาหารเติมในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ โดยใช้คาราจีแนนร่วมกับใยอาหาร พบว่า สามารถเพิ่มใยอาหารในอัตราร้อยละ 0.6 ในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ โดยไม่ทำให้คุณลักษณะของไส้กรอกเปลี่ยนไปและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เมื่อนำเปลือกโกโก้มาสกัดเส้นใย เพื่อนำไปผลิตบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ โดยผสมกับแป้งมันสำปะหลัง แป้งมันสำปะหลังดัดแปรและ มีสารเชื่อม CMC เมื่อขึ้นรูปเป็นถาดบรรจุภัณฑ์ พบว่า เส้นใยร้อยละ 10 กับแป้งมันสำปะหลังดัดแปร และสารเชื่อม CMC ร้อยละ 5 จะให้ถาดบรรจุภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงกว่าถาดบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ได้ผสมเส้นใย

4.2 ข้อเสนอแนะ

จากการทำโครงการวิจัยนี้ ทำให้ได้พบว่า

1. การปลูกโกโก้ เกษตรกรมีแนวโน้มการปลูกโกโก้ลดลง ด้วยเหตุผลที่ว่า ราคาไม่จูงใจ ซึ่งเป็นที่น่าเสียดายมากที่ครั้งหนึ่งโกโก้จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทางการได้ส่งเสริม แต่ขณะนี้เกษตรกรได้เลิกทำสวนโกโก้เป็นจำนวนมาก

2. รัฐบาลควรจะส่งเสริมให้มีการลงทุนแปรรูปผลิตภัณฑ์จากโกโก้ เพื่อทำให้มีตลาดรองรับเกษตรกรก็จะหันมาปลูกโกโก้อีก ทั้งนี้เพราะว่าความพร้อมของประเทศมีอยู่มาก

3. การนำเปลือกโกโก้มาทำการศึกษาใช้ประโยชน์ เป็นหนทางหนึ่งที่จะได้แก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมและเป็นการเพิ่มมูลค่าขึ้น โดยเฉพาะการทำบรรจุภัณฑ์จากเส้นใยเปลือกโกโก้ หรือการสกัดใยอาหารเพื่อเติมในอาหารบางประเภท

บรรณานุกรม

1. กมลลักษณ์ โตสกุล. 2530. โกโก้ : พืชเศรษฐกิจความหวังใหม่ในแผนฯ 6. วารสารเศรษฐกิจ, ธนาคารกรุงเทพฯ จำกัด. 20 (1) : 28-36.
2. ฉลอง เอี่ยมอาทร. 2533. การทำกระดาษจากผักตบชวา. อุตสาหกรรมสาร. 33 (1) : 56-60.
3. เชาว์ ชิโนรักษณ์. 2522. ชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
4. บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2530. การใช้เปลือกโกโก้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ว.วิทยาศาสตร์เกษตร. 20 (2) : 283-290.
5. พิษณุ วิเชียรสรรค์. 2535. หน้าที่ส่วนผสมต่าง ๆ ในการทำไส้กรอก. ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 1(1) : 65-71.
6. ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, กนก ติระวัฒน์, ไพศาล วุฒิจำนงค์, เสาวลักษณ์ จิตรบรรเจิดกุล และมนัส ชัยสวัสดิ์. 2534. โครงการวิจัยและพัฒนากรรมวิธีการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง. รายงานวิจัย, สำนักงานสภาวิจัยแห่งชาติ. 193 หน้า.
7. วิทย์ สุวรรณวุธ. 2527. การปรับปรุงพันธุ์โกโก้. รายงานการสัมมนาเรื่อง มะพร้าวและโกโก้ กรมวิชาการเกษตร, 19-23 ก.ค. 2527 : 82-85.
8. ศราวุธ ฉันทจิตปรีชา. 2538. เทคนิคก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวกาแฟ. เกษตรก้าวหน้า, 10 พ.ค. - มิ.ย. : 21-28.
9. ศรีวัย สิงหะคเชนทร์, ไมตรี แนวพนิช, สาทป รัตนภาสกร, ยงยุทธ คงซ่าน, สุภัทร หนูสวัสดิ์ และมาลทิตย์ ทองแดง. (ม.ป.ป.). เครื่องอบแห้งเอนกประสงค์. รายงานวิจัย. กรมวิชาการเกษตร.
10. ศูนย์บรรจุหีบห่อไทย. 2539. หลักการทดสอบวัสดุและภาชนะบรรจุ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.
11. ส่งเสริมการเกษตรภาคใต้, สำนักงาน. 2539. สถานการณ์การเกษตรภาคใต้ ปี 2539. สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้ จังหวัดสงขลา กรมส่งเสริมการเกษตร, 162 หน้า.

12. ส่งเสริมการเกษตรภาคใต้, สำนักงาน. 2541 สถานการณ์การเกษตรภาคใต้ ปี 2541. สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคใต้ จังหวัดสงขลา กรมส่งเสริมการเกษตร, 162 หน้า.

13. สันติ ทิพยางค์. 2535. การผลิตนมถั่วเหลืองยูเอชทีให้มีความคงตัวด้วยคาราจีแนน. ว. อาหาร. 22 (2) : 53-55.

14. อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2540. การผลิตไส้กรอกหมูไขมันต่ำจากแป้งบุก. อาหาร. 27 : 36-43.

15. อภิชัย พงษ์ศรีหดุลชัย. 2527. โครงการปลูกโกโก้แซมสวนมะพร้าว อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี. รายงานสัมมนาเรื่องมะพร้าวและโกโก้. กรมวิชาการเกษตร, 19-23 ก.ค. 2527 : 89-135.

16. อาภรณ์ คงสวัสดิ์. 2538. กาแฟ. ข่าวเศรษฐกิจการเกษตร, 41 (467) : 33-35.

17. Adeyanju, S. A., Oguntuga, D.B.A., Illori, J.O. and Adegbola, A.A. 1975. Cocoa husk in maintenance ration for sheep and goats in the tropics. Nutr. Rep. Inst., 11 : 351-357.

18. Anderson, Y., Hedlund, B., Jonsson, L. and Sevnsson, S. 1981. Extrusion cooking of a high fiber cereal product with cripbread character. Cereal Chem. 58 (5) : 370-374.

19. Anon. 1979. Dietary fiber. Food Technol. 39 (1) : 35-39.

20. Anon. 1989. Dietary fiber. Food Technol. 43 : 133-139.

21. A.O.A.C. 1984. Official method of analysis. 14th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Verginia, USA.

22. A.O.A.C. 1990. Official method of analysis. 15th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Verginia. USA.

23. ASTM. 1982. Annual Book of ASTM Standards : Part 35 Plastic General Test Methods Nomenclature. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, USA.

24. Barber, S.B. and Summerson, W.M. 1941. J. Biol. Chem. 135 : 535.

25. Branch, B.W. 1988. Method for making and edible container from corn. U.S. Patent. 4, 749, 583.

26. Britt, K.W. 1979. Handbook of Pulp and Paper Technology. Van Nostrand Reinhold, Co. New York.

27. Cessna, F.L. 1992. Biodegradable food trays. U.S. Patent. 5, 154, 982.

28. Chakraborty, P.K. 1976. Solar drier for drying fish and fish products. Research and Industry, India. 21 (3) : 192-194.

29. Chang, M.C. and Morris, W.C. 1990. Effect of heat treatments on chemical analysis of dietary fiber. J. Food Sci. 55 : 1647-1650.

30. Chen, H., Rubenthaler, G. L., Leung, H.K. and Baranowski, J. D. 1988. Chemical, physical and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. Cereal Chem. 65 (3) : 244-247.

31. Claus, J. R. and Hunt, M. C. 1991. Low fat high added water bologna formulated with texture modifying ingredients. J. Food Sci. 56 : 643-652.

32. Clifford, M. N. and Willson, K.C. 1985. Coffee : Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. Croom Helm, New York.

33. Cunningham, R. L., Carr, M.E. and Bagley, E. R. 1991. Polyurethane foams extended with corn flour. Cereal Chem. 68 (3) : 258-261.

34. Cunningham, R.L., Carr, M. E. and Bagley, E. R. 1992. Preparation and properties of regid polyurethane foams containing modified corn starches. J. Appli. Polym. Sci. 44 : 1477-1483.

35. Earle, M. D. and Anderson, A. M. 1985. Product and Process Development in The Food Industry. Harwood Academic Publishers, Chur, London, Paris and New York.

36. Gould, J. M., Jasberg, B. K. and Cote, G. L. 1989. Structure function relationships of alkaline peroxide treatment linocellulose form wheat straw. Cereal Chem. 66 (3) : 213-217.

37. Grethlein, H. 1991. Dietary fiber and a process for their production. U. S. Patent 4, 997, 665. Mar. 5, 1991.

38. Grimwood, B. E. 1975. Coconut Palm Products. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome.

39. Gurieve, K. B. and Tserevitinov, O. B. 1979. Method of evaluating the degree of fermentation of cocoa beans. USSR. State committee on Invention and Discoveries UDC 663, 911. 13.

40. Haarer, A. E. 1962. Modern Coffee Production. 2nd ed. Leonard Hill Books Ltd., London.

41. Hudson, C. A., Chiu, M. H. and Knuckle, B. E. 1992. Development and characteristics of high fiber muffins with oat bran, rice bran, or barley fiber fraction. Cereal Foods World. 37 (5) : 373-378.

42. Ink, S. L. and Hurt, D. H. 1987. Nutrition implication of gums. Food Technol. 41 (1) : 77-82.

43. Jasberg, B.K., Gould, J. M. and Warnen, K. 1989. High-fiber, noncaloric flour substitute for baked foods, alkaline peroxide - treated lignocellulose in chocolate cake. Cereal Chem. 66 (3) : 209-213.

44. Kirk, T. K., Higuchi, T. and Chang,H. 1980. Lignin Biodegradation : Microbiology, Chemistry and Potential Application. V1. CRC Press Inc., Florida.

45. Lee, S. C., Prosky, L. and De Vries, I. W. 1992. Determination of total, insoluble and soluble dietary fiber in foods : Enzymatic Gravimetric method., MES-TRIS buffer Collaborative study. J. AOAC. International. 75 : 395-461.

46. Michel. F., Thibault, J., Barry, J. And Baynast, R. 1988. Preparation and characterisation of dietary fiber from sugar beet pulp. J. Sci. Food Agri. 42 : 77-85.

47. Ning, L., Villota, R. and Artz, W.E. 1991. Modification of corn fiber through chemical treatments in combination with twin screw extrusion. Cereal Chem. 68 (6) : 632-636.

48. Olson, A., Gray, G. M. and Chiu, M. C. 1987. Chemistry and analysis of soluble dietary fiber. Food Technol. 41(1) : 71-80.

49. Oyedapo, A. F. 1988. Preliminary studies on the utilization of cocoa pod husk in fish production in Nigeria. Biological Waste. 25 (3) : 233-237.

50. Pomeranz, Y., Shogren, M.D., Finney, K. F. and Bechtel, D. B. 1977. Fiber in breadmaking-effects on functional properties. Cereal Chem. 54 (1) : 25-41.

51. Ranhotra, G. S., Gelroth, J. A., Astroth, K. and Posner, E. S. 1990. Distribution of total and suluble fiber in various millstreams of wheat. J. Food Sci. 55(5) : 1349-1351.

52. Ranhotra, G. S., Gelroth, J. A. and Eisenbraun, G. J. 1991. High fiber white flour and its use in cookies products. Cereal Chem. 68 (4) : 432-434.

53. Reiser, S. 1987. Metabolic effects of dietary pectins related to human health. Food Technol. 41 (2) : 91-99.

54. Schneeman, B. O. 1987. Soluble and insoluble fiber : Different physiological responses. Food Technol. 41 (2) : 81-82.

55. Sivetz, M. and Foote, H. E. 1963. Coffee Processing Technology. V1. The AVI Publ. Co., Inc. Westport, Connecticut, USA.

56. Sopian, K. and Othman, M. Y. 1992. Solar assisted cocoa drying : Feasibility study and conceptual design. ASEAN. Canada Conceptual Design Workshop and Project Management Committee Meeting, 24-25 Sept. 1992, Singapore.

57. Trowell, H. C., Southgate, D .A. T., Wolever, T. M. S., Leeds, A. R., Gassull, M. A. and Jenkins, D. J. A. 1976. Dietary fiber redefined. Lancet. 1 : 967.

58. Van Soest, P. J. and Wine, R. H. 1967. Use of detergents in analysis of fibrous feed, determination of plant cell walls constituents. J. Assoc. oft. Anal. Chem. 50 : 50.

59. Vetter, J. L. 1984. Fiber as a food ingredient. Food Technol. 38 (1) : 64-69.

60. Vratanina, D. L. and Zabik, M. E. 1978. Dietary fiber sources for baked products : bran in sugar - snap cookies. J. Food. Sci. 43 (5) : 1590 - 1594.

61. Walter, R. D., Rao, M. A., Sherman, R. M. and Cooley, H. J. 1985. Edible fiber from apple pomace. J. Food Sci. 50 : 747-749.

62. Wood, G. A. R. and Lass, R. A. 1985. Cocoa. 4th ed. Longman Group Limited, England.

63. Woodroof, J. G. 1979. Coconuts : Production, Processing, Products. 2nd ed. The AVI Publ. Co., Inc. Westport, Connecticut, USA.

64. Wrigley, G. 1988. Coffee. The AVI Publ. Co., Inc. Westport, Connecticut, USA.

ภาคผนวกที่ 1
วิธีการวิเคราะห์ทางเคมี

1.1 <u>การหาปริมาณกรดทั้งหมด</u> (A.O.A.C., 1984)

นำตัวอย่าง 5 กรัม เติมน้ำ 50 มิลลิลิตร ปั่นนาน 2 นาที แล้วไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH มี phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์ และคำนวณปริมาณกรดในรูปกรดซิตริก

1.2 <u>การหาปริมาณกรดระเหยได้</u> (A.O.A.C., 1984)

นำตัวอย่างโกโก้ผง 10 กรัม กลั่นด้วยไอน้ำ ให้ได้ปริมาตรของเหลวที่รองรับได้ 250 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทกับสารละลายมาตรฐาน 0.1 N NaOH มี phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์ และคำนวณปริมาณกรดระเหยได้ในรูปกรดอะซิติก

1 มิลลิลิตรของ 0.1 N NaOH = 0.0060 กรัมกรดอะซิติก

1.3 <u>การหากรดแลคติกโดยวิธีวัดสี</u> (ดัดแปลงจาก Barber, S.B. and Summerson, W.M., 1941)

1. <u>หลักการ</u>

กรดแลคติกจะเปลี่ยนเป็น acetaldehyde เมื่อต้มกับกรดซัลฟูริกแล้ว acetaldehyde ทำปฏิกริยากับ p-hydroxybiphenyl เกิดเป็นสารเชิงซ้อนของสีขึ้น สำหรับ Cu และ Ca จะเติมเพื่อกำจัดสารรบกวน ปฏิกริยาดังกล่าวนี้ จะเป็นไปตามกฎของ Beers เมื่ออยู่ในช่วง 1 - 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

2. <u>สารเคมี</u> Sulphuric acid A.R. grade

Colour reagent ละลาย 1.5 กรัมของ p-hydroxybiphenyl ในสารละลาย 0.5% NaOH จำนวน 100 มิลลิลิตร

Copper sulphate Solution 4% และ 20% Copper sulphate pentahydrate

Calcium hydroxide powder A.R. grade

Standard Solution เติม 213 mg. ของ Lithium lactate ในน้ำเล็กน้อยแล้วเติมด้วยกรดซัลฟูริค 0.5 มิลลิลิตรทำสารละลายให้เจือจางเป็น 500 มล. ด้วยน้ำกลั่น ปริมาณของกรดแลคติกสุดท้ายจะมีค่า 40 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

3. วิธีการ

3.1 ชั่งตัวอย่างโคโก้ผง 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำ 50 มิลลิลิตร ปิดฝาต้มเดือดนาน 1 ชั่วโมง

3.2 กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1

3.3 เจือจางสารละลายตัวอย่างให้มีปริมาณกรดแลกติกอยู่ในช่วง 10 - 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร

3.4 ปิเปตสารละลายตัวอย่างเจือจาง 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 20 x 180 มิลลิลิตร

3.5 เติมสารละลาย 20 เปอร์เซ็นต์ $CuSO_4$ ปริมาณ 1 มิลลิลิตร และเจือจางด้วยน้ำ 10 มิลลิลิตร

3.6 เติม $Ca(OH)_2$ powder 1 กรัม และเขย่าอย่างแรง

3.7 ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วเหวี่ยงแยก

3.8 ปิเปตสารละลายส่วนใส 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 20 x 18 มิลลิเมตร

3.9 เติมสารละลาย 4 เปอร์เซ็นต์ $CuSO_4$ ปริมาณ 0.05 มิลลิลิตร

3.10 เขย่าแล้วเติม conc. H_2SO_4 6 มิลลิลิตร

3.11 วางในเครื่องอังน้ำเดือดเป็นเวลา 7 นาที แล้วทำให้เย็นถึง 20 องศาเซลเซียส ในอ่างน้ำแข็ง

3.12 เติม colour reagent 0.1 มิลลิลิตร

3.13 เขย่า และตั้งใน water bath อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3.14 เขย่าและตั้งไว้ใน water bath อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส อีกไม่น้อยกว่า 15 นาที แล้วแช่ในน้ำเดือดนาน 1.5 นาที เพื่อละลายตะกอน

3.15 ทำให้เย็นโดยการผ่านน้ำก๊อก แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร

3.16 เตรียมกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลาย lithium lactate

1.4 <u>การหาค่าดัชนีการหมักตามวิธีของ Gourieva and Tserevitinov (1979)</u>

1. ชั่งตัวอย่างผงโกโก้ 0.5 กรัม ใส่ลงในขวดขนาด 125 มิลลิลิตร
2. เติมสารผสมของเมทานอลกับกรดเกลือ อัตราส่วน 97 : 3 ในปริมาณ 50 มิลลิลิตร
3. เก็บในตู้เย็น (8 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 16 - 18 ชั่วโมง
4. กรองผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 1 ด้วยระบบสูญญากาศ
5. นำสารละลายใสที่กรองได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 460 และ 530 นาโนมิเมตร
6. คำนวณค่าดัชนีการหมัก = $\frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ 460 นาโนเมตร}}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงที่ 530 นาโนเมตร}}$

ภาคผนวกที่ 2

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.1 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ ด้วยวิธี QDA

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และประเมินลักษณะต่าง ๆ โดยขีดเครื่องหมาย " | " ลงบนเส้นที่กำหนดให้ตามระดับความเข้มที่ท่านรู้สึก

กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง

1. ลักษณะปรากฏ (ผิวหน้า)

ละเอียด ——————————— หยาบ

2. สีแปลกปลอม

น้อย ——————————— มาก

3. กลิ่นเนย

น้อย ——————————— มาก

4. กลิ่นแปลกปลอม

น้อย ——————————— มาก

5. ความร่วน

น้อย ——————————— มาก

6. ความรู้สึกเป็นทรายภายในปาก

น้อย มาก

7. ความฝาด

น้อย มาก

8. ความรู้สึกภายหลังการกลืน

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ.....

.....

2.2 แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของคุกกี้ ด้วยวิธี Hedonic scale

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พร้อมทั้งประเมินความชอบรวมของแต่ละตัวอย่าง โดยขีดเครื่องหมาย "X" ตามความรู้สึกของท่าน กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง					
ชอบมากที่สุด					
ชอบมาก					
ชอบปานกลาง					
ชอบเล็กน้อย					
เฉย ๆ					
ไม่ชอบเล็กน้อย					
ไม่ชอบปานกลาง					
ไม่ชอบมาก					
ไม่ชอบมากที่สุด					

ข้อเสนอแนะ.....

2.3 <u>แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ ด้วยวิธี QDA</u>

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ โปรดทำเครื่องหมายเส้นตรงตามขวาง " | " ตั้งฉากกับสเกลแนวนอนที่ให้เพื่อแสดงตำแหน่งที่ท่านให้กับตัวอย่างแต่ละตัวอย่างในลักษณะนั้น ๆ ตามที่ท่านคิดว่าเหมาะสมที่สุดที่เป็นตัวแทนลักษณะนั้น ๆ ของผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง กรุณาเขียนชื่อรหัสของตัวอย่างบนเครื่องหมายเส้นตรงที่ท่านเขียนด้วย เพื่อแสดงว่าเส้นนั้นเป็นตัวอย่างใด ๆ

<u>กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง</u>

โปรดทดสอบตัวอย่างตามลำดับดังนี้

ก. ลักษณะปรากฏ

สี — สีขาวจัด ——— สีชมพู

ลักษณะเนื้อ — ไม่เนียน ——— เนียนมาก

ข. ลักษณะเนื้อสัมผัส

ความแน่นเนื้อ — ไม่แน่น ——— แน่นมาก

ความชุ่มน้ำ — ไม่ชุ่มน้ำ ——— ชุ่มน้ำมาก

ความสม่ำเสมอ — ไม่สม่ำเสมอ ——— สม่ำเสมอมาก

ค. รสชาติ

รสเครื่องเทศ — ไม่มี ——— มีมาก

ความรู้สึกเป็นทราย — ไม่มี ——— มีมาก

2.4 <u>แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ ด้วยวิธี Hedonic scale</u>

ชื่อ.....วันที่.....เวลา.....

คำแนะนำ โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับความชอบ และไม่ชอบผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง ใช้สเกลที่เหมาะสมเพื่อแสดงว่าท่านได้อธิบายความรู้สึกชอบและไม่ชอบในระดับใด ? โปรดให้เหตุผลในการอธิบายความรู้สึกของท่านด้วย

ให้ขีดเครื่องหมาย " ✓ " ตามความรู้สึกของท่าน

<u>กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง</u>

ระดับความชอบ	ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง		
	รหัส	รหัส	รหัส
ชอบมากที่สุด			
ชอบมาก			
ชอบปานกลาง			
ชอบเล็กน้อย			
เฉย ๆ			
ไม่ชอบเล็กน้อย			
ไม่ชอบปานกลาง			
ไม่ชอบมาก			
ไม่ชอบมากที่สุด			

เหตุผลของความชอบหรือไม่ชอบผลิตภัณฑ์

.....

.....

.....