

การสร้างเครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน
สำหรับเกษตรกรบ้านใหม่พัฒนา อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง
Construction of a coffee bean solar dryer for use by
agriculturists in Ban Mai Pattana, Muang-pan district, Lampang

พงษ์ศักดิ์ อยู่มน^{1*}, ณรงค์ เครือกันทา² และพงษ์สวัสดิ์ อานาจกิติกร³

^{1*} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

เลขที่ 119 ถนนลำปาง-แม่ทะ ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

โทร 054-237399 โทรสาร 054-241079 E-mail: y_pongsak@lpru.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ได้สร้างเครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับขดลวดความร้อนเป็นพลังงานเสริมให้มีความเหมาะสมกับสภาพปัญหาและสภาพพื้นที่ โดยเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์เมล็ดกาแฟแห้งในรูปแบบต่าง ๆ และประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา ซึ่งเครื่องอบแห้งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนพื้นที่อบแห้งผลิตภัณฑ์ ส่วนพื้นที่รับรังสีอาทิตย์ และส่วนขดลวดความร้อน มีขนาดพื้นที่รับแสงรวม 2.45 ตารางเมตร ซึ่งใช้ขั้นตอนการทดลอง 3 ขั้นตอน ดังนี้ การลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดดของเกษตรกร การลดความชื้นด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และการลดความชื้นด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน มีการตั้งค่าอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ใช้เมล็ดกาแฟสดจำนวน 5 กิโลกรัมต่อครั้ง พบว่า ขั้นตอนการทดลองที่ 1 เมล็ดกาแฟมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 51.63 มาตรฐานแห้ง (d.b.) มีอุณหภูมิตลอดการทดลองเฉลี่ย 25.07 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 4 วัน ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้ายร้อยละ 22.88 d.b. ขั้นตอนที่ 2 เมล็ดกาแฟมีความชื้นเท่ากับขั้นตอนที่ 1 ซึ่งวัดค่าอุณหภูมิภายในส่วนพื้นที่อบแห้งผลิตภัณฑ์เฉลี่ย 40.74 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาอบแห้ง 3 วัน เมล็ดกาแฟมีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 21.1 d.b. และขั้นตอนที่ 3 เมล็ดกาแฟมีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 51.47 d.b. ใช้ระยะเวลาอบแห้ง 2 วัน เมล็ดกาแฟที่มีความชื้นสุดท้ายร้อยละ 25.79 d.b. โดยทั้ง 3 ขั้นตอน เมล็ดกาแฟอบแห้งมีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน โดยเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟในพื้นที่มีความพึงพอใจต่อโครงการวิจัยอยู่ในระดับมาก และเมื่อสร้างเครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟใช้งานเกษตรกรจะมีระยะเวลาการคืนทุนภายใน 10 เดือน

คำสำคัญ: พลังงานแสงอาทิตย์, อบแห้ง, ลดความชื้น, เมล็ดกาแฟ, ขดลวดความร้อน

Abstract

The aims of the project were to develop a solar dryer for drying coffee beans, to compare the efficiency of different methods in reducing the moisture content of coffee beans, and to evaluate users' satisfaction. Three methods were used to reduce moisture: exposure to direct sun; use of a solar dryer; and use of a solar dryer combined with mechanical drying (through the use of a heating coil). The total area for drying was 2.45 m².

For each drying method, 5 kilograms of coffee beans were used. The result showed that by exposing coffee beans to direct sun at an average temperature of 27.05°C, moisture content was reduced from 51.63% d.b. (dry basic) to 22.80% d.b within 4 days. The solar dryer reduced the moisture content from 51.63% d.b. to 21.15% d.b within 3 days at an average temperature at 40.74°C. The last method, which combined a solar dryer with a heating coil, reduced the moisture content from 51.47% d.b to 25.79% d.b. within 2 days.

The result showed that each method produced coffee beans of similar quality and texture. The farmers in the area of study were highly satisfied with the results. It was estimated that using the solar dryer, the farmers would be able to repay the cost within 10 months.

Keywords: solar energy, drying, reduce moisture content, coffee beans, heating coil

1. บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาให้เป็นประเทศกึ่งอุตสาหกรรม แต่เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ของประเทศยังประกอบอาชีพเกษตรกรรม (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2554) ทำให้ผลผลิตจำนวนมากเป็น ข้าว ข้าวโพด พืชผัก ผลไม้ และกาแฟ เป็นต้น ซึ่งผลผลิตทางการเกษตรจำนวนมากที่ไม่ค่อยเป็นพืชผลทางเศรษฐกิจ จะต้องมีการจัดส่งทั่วทั้งประเทศและส่งออกต่างประเทศ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเก็บรักษา และแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าให้ผลผลิตทางการเกษตรดังกล่าว ฉะนั้นการอบแห้งจึงเป็นวิธีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ได้รับความนิยม และเป็นวิธีการที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเกษตรกรมักนิยมลดความชื้นโดยการนำผลิตภัณฑ์ไปตากแดด ซึ่งวิธีนี้จะมีการสูญเสียเนื่องจาก นก หนู และแมลงต่าง ๆ ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่ำลง และต้องใช้พื้นที่จำนวนมาก นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาวะอากาศอีกด้วย ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของภาคเกษตรกรรม และอุตสาหกรรมมากขึ้น เช่น การอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์ การใช้ลมร้อน การอบแห้งแบบสุญญากาศ การอบแห้งแบบฟลูอิดไชเบต การอบแห้งโดยใช้ปัมความร้อน เป็นต้น ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น และทำให้เศรษฐกิจภายในประเทศดีขึ้น แต่วิธีการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพนั้นต้องคำนึงถึงเวลา คุณภาพ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการใช้พลังงานเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาเลือกใช้วิธีการอบแห้งแต่ละแบบด้วย

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กาแฟเป็นพืชที่มีที่มาจากทางเขตร้อนชื้นในแอฟริกา (มานพ หาญเทวี, 2553) จากนั้นกาแฟได้แพร่หลายไปยังประเทศเขตร้อนชื้นต่างๆ ทั่วโลก ในศตวรรษที่ 17 และ 18 เป็นปีที่กาแฟได้เข้ามาแพร่หลายในประเทศเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และอินเดียตะวันตกเป็นครั้งแรก อุตสาหกรรมกาแฟในประเทศไทยถือว่าใหม่มากตามสถิติของทางราชการ เนื้อที่แปลงเพาะปลูกกาแฟทั้งหมดภายในปี ค.ศ. 1960 มีเพียงแค่ 19,000 ไร่ (หรือประมาณ 7,600 เอเคอร์) และผลิตกาแฟได้เพียง

750 ตัน แต่ภายในปีเดียวกันนั้นเองประเทศไทยต้องนำเข้าผลิตภัณฑ์พืชผลกาแฟเกือบ 6,000 ตัน เพื่อเป็นการปรับดุลการค้า รัฐบาลไทยได้ตั้งโครงการรณรงค์และสนับสนุนกาแฟโรบัสต้าที่ปลูกได้ทางภาคใต้ซึ่งประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี

ในปี 2001 ผลผลิตกาแฟโลกมีประมาณ 7.01 ล้านตัน จากเนื้อที่เก็บเกี่ยว 67.01 ล้านไร่ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร, 2553) และบราซิล เป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก จากเนื้อที่ 14.39 ล้านไร่ ผลผลิต 1.78 ล้านตัน มีผลผลิตเฉลี่ย 124 กิโลกรัม ต่อไร่ รองลงมาเป็นเวียดนาม และประเทศไทยคิดเป็นร้อยละ 1.12 ของผลผลิตโลกดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญ (1999 – 2001)

ประเทศ	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (1,000 ไร่)			ผลผลิต (1,000 ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กก.)		
	1999	2001	2002	1999	2001	2002	1999	2001	2002
รวมทั้งโลก	64,826	67,372	67,008	6,624	7,264	7,011	102	108	105
บราซิล	13,798	14,187	14,390	1,634	1,889	1,780	118	133	124
เวียดนาม	1,686	2,981	2,813	510	803	800	302	269	284
โคลัมเบีย	5,432	5,313	5,313	546	636	560	101	120	105
อินโดนีเซีย	5,625	5,625	5,569	417	400	390	74	71	70
เม็กซิโก	4,518	4,088	4,531	302	325	330	67	80	73
อินเดีย	1,750	1,906	1,938	265	292	301	151	153	155
โกตดิวัวร์	5,625	6,875	6,250	307	335	280	55	49	456
เอธิโอเปีย	1,571	1,563	1,563	217	230	228	138	147	146
กัวเตมาลา	1,625	1,706	1,706	294	245	220	181	144	129
ไทย	407	408	411	55	81	85	135	198	208
อื่น ๆ	22,789	22,720	22,524	2,077	2,025	2,037	91	89	90

ที่มา: (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร, 2553)

ปี 2002 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นเป็น 456,338 ไร่ พื้นที่ให้ผล 416,096 ไร่ ผลผลิตประมาณ 59,537 ตัน ลดลงจากปีที่ผ่านมาผลผลิตเฉลี่ยลดลงเหลือ 143 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกมากในภาคใต้ที่จังหวัดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี กระบี่ และนครศรีธรรมราช โดยเป็นกาแฟโรบัสต้า มักมีปัญหาด้านคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ส่วนกาแฟอาราบิก้าปลูกได้ทางภาคเหนือ เช่น จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ตาก และลำปาง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลผลิตเฉลี่ยทางวิชาการ และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของเกษตรกรของประเทศไทย

พันธุ์	ผลผลิตเฉลี่ยทางวิชาการ (กก./ไร่)	ผลผลิตเฉลี่ยของเกษตรกร (กก./ไร่)	แหล่งปลูก
โรบัสต้า	190	179	ชุมพร ระนอง กระบี่ นครศรีธรรมราช
อาราบิก้า	150	87***	เชียงใหม่ เชียงราย ตาก ลำปาง
เฉลี่ย	170	133	

ที่มา: (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร, 2553)

2.1 พันธุ์กาแฟ

เมล็ดกาแฟมีลักษณะเป็นผลกลมรี ผลดิบจะมีสีเขียว (มานพ หาญเทวี, 2553) เมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีแดงสดเหมือนลูกเชอร์รี่ซึ่งจะเรียกผลที่สุกนี้ว่า "ผลเชอร์รี่" ดังภาพที่ 1 เมล็ด ภายในของผลเชอร์รี่ส่วนใหญ่มีลักษณะคล้ายเมล็ดถั่ว ซึ่งจะแยกเป็น 2 ส่วนประกบกัน บางเมล็ดเท่านั้นที่มีลักษณะเป็นเมล็ดเดี่ยวซึ่งมีน้อยมาก กาแฟในโลกนี้มีหลากหลายพันธุ์ ปลูกได้ดีบริเวณแถบเส้นศูนย์สูตรของโลก กาแฟ 2 พันธุ์หลักที่นิยมนำมาบริโภค คือ



ภาพที่ 1 ตัวอย่างผลสุกของกาแฟ

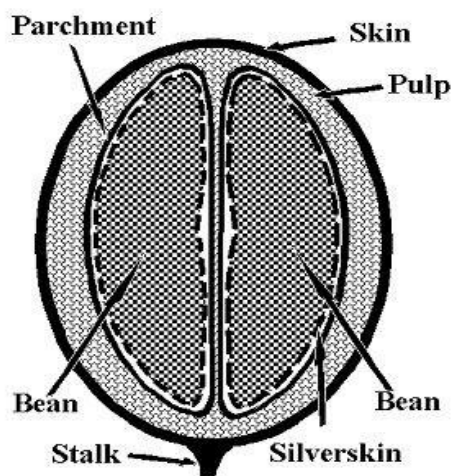
ที่มา : (มานพ หาญเทวี, 2553)

(1) อราบิก้า เป็นพันธุ์กาแฟที่ปลูก และเป็นที่ยอดนิยมบริโภคมากที่สุดในโลก ซึ่งปลูกมากในทวีปอเมริกาใต้ โดยเฉพาะประเทศบราซิล และโคลัมเบีย ส่งออกกาแฟเป็นอันดับ 1 และ 2 ของโลกตามลำดับ ปลูกได้ดีตามเทือกเขาสูงที่มีอากาศเย็น เป็นกาแฟที่มีคุณภาพสูง ปลูกและดูแลยากราคาแพงส่วนใหญ่นำมาผลิตเป็นกาแฟคั่วบด ในประเทศไทยปลูกมากบนดอยสูงทางภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ เชียงราย แพร่ ลำปาง เป็นกาแฟที่มีคุณภาพสูง หอม แต่ไม่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เนื่องจากขาดการส่งเสริมและการประชาสัมพันธ์ที่ดี

(2) โรบัสต้า เป็นพันธุ์กาแฟที่นิยมปลูกเป็นอันดับสองรองจากอราบิก้า ปลูกมากในทวีปแอฟริกา และเอเชีย ปลูกได้ดีตามพื้นที่ราบที่มีอากาศอบอุ่น ปลูกง่าย ราคาไม่แพง ส่วนใหญ่นำมาผลิตเป็นกาแฟสำเร็จรูป และนำมาผสมกับอราบิก้าบางส่วนเพื่อผลิตกาแฟคั่วบด ให้มีรสชาติแตกต่างออกไป ในประเทศไทยปลูกมากบนพื้นที่ราบทางภาคใต้ เช่น จังหวัดชุมพร และนครศรีธรรมราช

2.2 คุณลักษณะและโครงสร้างของเมล็ดกาแฟ

เมล็ดกาแฟมีรูปร่างค่อนข้างกลมรี มีความยาวประมาณ 8.5 – 12.5 มิลลิเมตร ผลหนึ่งส่วนใหญ่มีเมล็ด 2 เมล็ดประกบกันอยู่ เป็นพืชที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อน (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2554) ส่วนประกอบของผลกาแฟมีหลายชั้นที่ห่อหุ้มเมล็ดอยู่ เมื่อผลกาแฟแก่จนสุก เปลือกนอกสุดจะมีสีแดง บางครั้งอาจเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาล เรียกว่า “Exocarp” หรือ “Outer Skin” ส่วนที่อยู่ถัดไปเป็นเนื้อผลกาแฟ เรียกว่า “Pulp” หรือ “Outer Mesocarp” ถัดไปเป็นเมือกที่หุ้มกาแฟกะลา ซึ่งมีลักษณะคล้ายเจลใสไม่ละลายน้ำ เรียกว่า “Parchment” ซึ่งกาแฟชั้นในนี้เรียกว่ากาแฟกะลา ถัดไปเป็นเยื่อชั้นในสุด ซึ่งมีลักษณะเป็นเยื่อบาง ๆ หุ้มรอบเมล็ดกาแฟเรียกว่า “Silver skin” และชั้นสุดท้ายเป็นส่วนของเมล็ดกาแฟมีลักษณะสีเขียวใสเรียกว่า “Green” หรือ “Bean” ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งเมล็ดกาแฟที่ถูกปล่อยทิ้งไว้นานสีของเมล็ดจะเปลี่ยนเป็นสีเทาหรือน้ำตาลได้

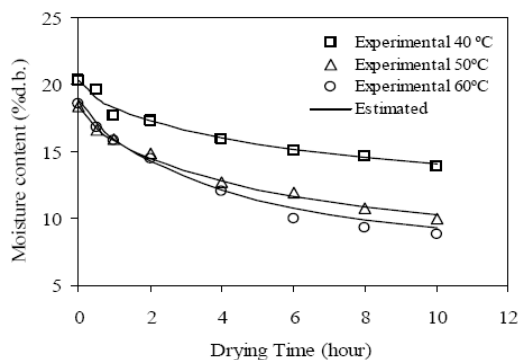


ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของผลเมล็ดกาแฟ
ที่มา : (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2554)

ส่วนประกอบทางกายภาพของเมล็ดกาแฟมีดังนี้

1. Skin ส่วนที่เป็นเปลือกบาง ๆ คล้ายเปลือกแอปเปิ้ล ผลกาแฟจะมีเปลือกหนาและขมเล็กน้อย
2. Fruit เนื้อผลมีรสชาติ หวานคล้ายเนื้อองุ่น
3. Pulp เยื่อหุ้มเมล็ด เยื่อบาง ๆ คล้ายน้ำผึ้งหุ้ม อยู่ก่อนถึง Parchment
4. Parchment แผ่นหุ้มเปลือกบาง ๆ ที่ห่อหุ้มปกป้องเมล็ดด้านใน
5. Silver skin เยื่อหุ้มสีเงิน เยื่อบาง ๆ ที่ห่อหุ้มเมล็ดกาแฟ
6. Bean เมล็ดกาแฟที่มีลักษณะเป็นสีฟ้าอมเขียว โดยปกติในผลหนึ่งลูกจะมีเมล็ดกาแฟจำนวน 2 เมล็ด ถ้ามีเมล็ดเดียวจะเป็นเมล็ดกาแฟที่เรียกว่า Pea berry จะมีประมาณร้อยละ 5-10 ของผลผลิต จะมีลักษณะเป็นเมล็ดกลม ๆ

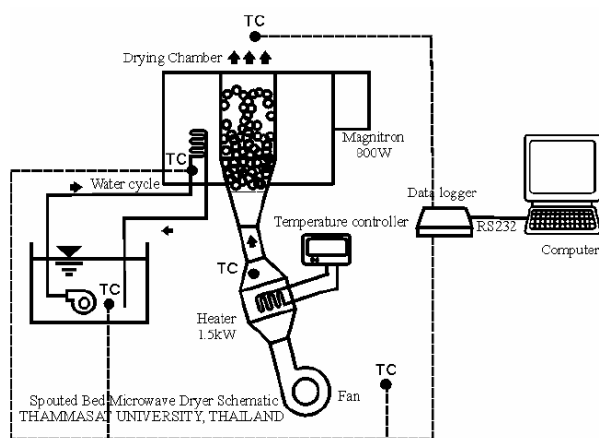
Paulo César Corrêa และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อการแห้งของเมล็ดกาแฟ และหาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนที่มีผลต่อความชื้นภายใต้เงื่อนไขของสภาวะอากาศในรูปแบบต่าง ๆ โดยแบ่งการทดสอบเป็น 2 วิธี คือ การทดสอบการอบแห้งในห้องทดลองโดยใช้เมล็ดกาแฟจำนวน 30 กรัม และใช้อุณหภูมิของอากาศที่ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ความชื้นของเมล็ดกาแฟอบแห้งสุดท้ายร้อยละ 22, 14 และ 7 มาตรฐานแห้ง ตามลำดับ และการทดสอบการอบแห้งด้วยวิธีการตากแดด หรือบรรยากาศเปิด เมล็ดกาแฟอบแห้งจะมีความชื้นสุดท้ายที่ร้อยละ 20 มาตรฐานแห้ง จากนั้นได้ทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของความชื้นของเมล็ดกาแฟที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังแสดงภาพที่ 3



ภาพที่ 3 อัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดกาแฟภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ

ที่มา : (Paulo César Corrêa และคณะ, 2006)

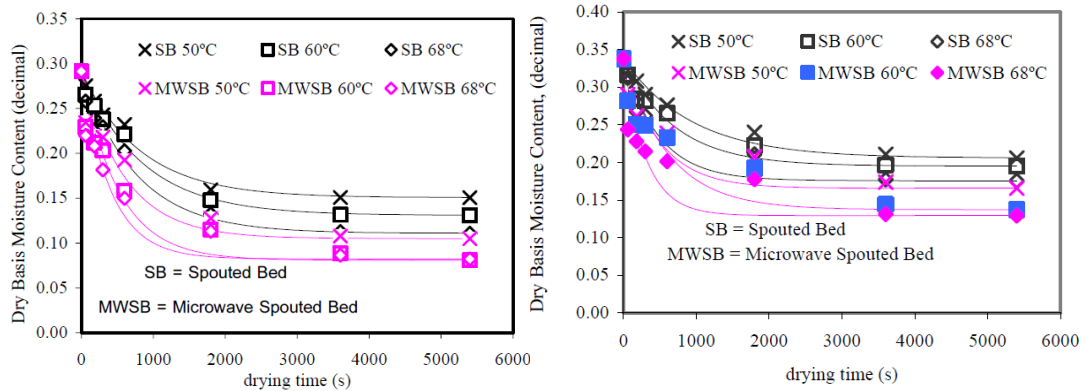
กริช เจียมจิโรจน์ และคณะ (2544) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งกาแฟและถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ - สเปนเต็ดเบด เพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นด้วยคลื่นไมโครเวฟร่วมกับสเปนเต็ดเบด ซึ่งใช้วิธีการประเมินประสิทธิภาพจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งอากาศแวดล้อมจะไหลผ่านชุดลดความร้อนขนาด 1000 W ใช้กล่องควบคุมอุณหภูมิแบบ PID อากาศร้อนจะไหลเข้าทางด้านล่างของหอบ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ไดอะแกรมชุดทดลองลดความชื้นด้วยไมโครเวฟร่วมกับสเปนเต็ดเบด

ที่มา : (กริช เจียมจิโรจน์ และคณะ, 2549)

การทดลองจะใช้เมล็ดพืชที่ผ่านการสร้างความชื้นให้มีระดับความชื้นเริ่มต้น เท่ากับค่าที่กำหนด ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 23 มาตรฐานแห้ง (d.b.) ต่อจากนั้นจึงเปิดลมร้อนพร้อมกับการอบแห้งเป็นเวลา 1, 3, 5, 10, 30 และ 60 นาทีตามลำดับ โดยในการทดลองแต่ละครั้งต้องทำการเปลี่ยนตัวอย่างใหม่ทุกครั้ง สำหรับตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งแล้ว จะถูกเก็บไปหาความชื้นโดยวิธีตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกาตามอนุกรม ASAE – D245.5 OCT95 แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นกราฟ จากการทดลองพบว่า ผลจลนศาสตร์การลดความชื้นของกาแฟและถั่วเหลืองคลื่นไมโครเวฟมีส่วนช่วยเพิ่มการระเหยของน้ำในเมล็ดพืชทั้งสองชนิด ดังภาพที่ 5

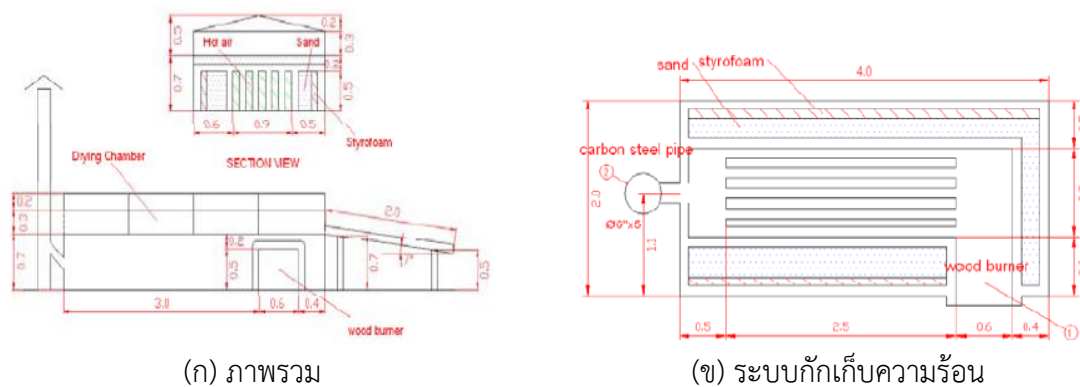


(ก) ความชื้นของเมล็ดกาแฟ

(ข) ความชื้นของเมล็ดถั่วเหลือง

ภาพที่ 5 ความชื้นของเมล็ดกาแฟ และเมล็ดถั่วเหลืองที่อุณหภูมิ 50, 60 และ 68 องศาเซลเซียส

ไพโรจน์ ศิริรัตน์ และคณะ (2549) ได้ศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานชนิดอุโมงค์ในการอบพริกชี้หนู จำนวน 20 กิโลกรัม โดยเครื่องอบแห้งชนิดอุโมงค์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลักผสมผสานกับความร้อนจากการเผาไม้ฟืน มีชุดรับรังสี และห้องอบต่อเนื่องกัน สามารถบรรจุวัสดุได้ทั้งหมด 8 ถาด เตาเผาฟืนวางใต้ตู้อบแห้งใช้ฐานวางก่อสร้าง เป็นชุดเก็บกักความร้อน ดังภาพที่ 6



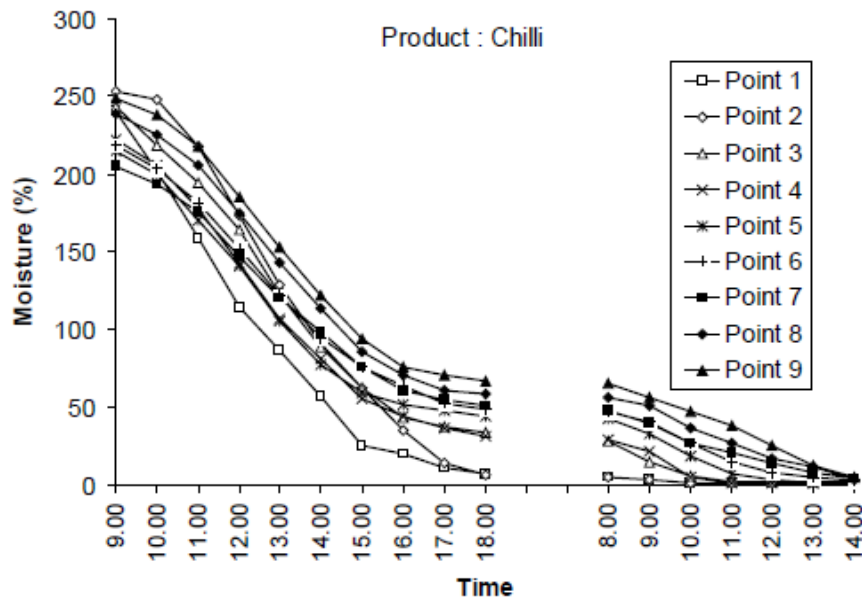
(ก) ภาพรวม

(ข) ระบบกักเก็บความร้อน

ภาพที่ 6 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานชนิดอุโมงค์

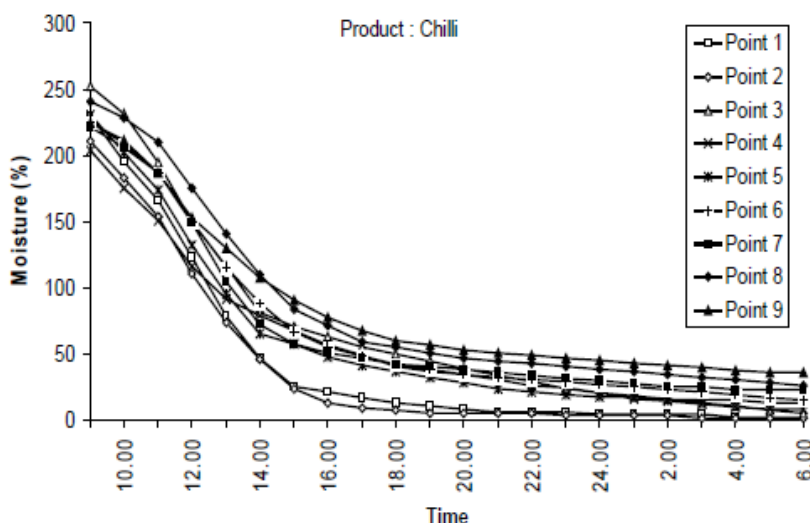
ที่มา : (ไพโรจน์ ศิริรัตน์ และคณะ, 2549)

จากการทดลองการอบแห้งพริกชี้หนู จำนวน 20 กิโลกรัม โดยใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวพบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่า 53 องศาเซลเซียส ส่วนความเข้มแสงอาทิตย์ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ตลอดการทดลอง ซึ่งมีค่าไม่สม่ำเสมอ ซึ่งพริกชี้หนูที่ทำการทดสอบมีความชื้นเริ่มต้นระหว่างร้อยละ 200 - 260 มาตรฐานแห้ง เมื่อเวลาผ่านไป 15 ชั่วโมง (ระยะเวลาอบ 2 วัน)แห้งพริกมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 16 มาตรฐานแห้ง ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความชื้นของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว
ที่มา : (ไพโรจน์ ศิริรัตน์ และคณะ, 2549)

การทดลองโดยใช้แสงอาทิตย์และฟืน ซึ่งใช้พริกชี้หนู จำนวน 20.1 กิโลกรัม โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานความร้อนจากการเผาไม้ฟืน โดยใช้ไม้ฟืนทั้งหมด 30 กิโลกรัม และเริ่มเผาไม้ฟืนเวลา 18.00 น. จากการทดลอง พบว่า อุณหภูมิภายในตู้อบเฉลี่ยตลอดการทดลองมีค่า 49.2 องศาเซลเซียส พริกชี้หนูที่ทำการทดสอบมีความชื้นเริ่มต้นระหว่างร้อยละ 200 – 250 มาตรฐานแห้งเมื่อเวลาผ่านไป 21 ชั่วโมง (ต่อเนื่อง) ทำให้การอบแห้งพริกให้มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 16 มาตรฐานแห้ง



ภาพที่ 8 ความชื้นของผลิตภัณฑ์จากการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และไม้ฟืน
ที่มา : (ไพโรจน์ ศิริรัตน์ และคณะ, 2549)

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อนเป็นพลังงานเสริม โดยมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ส่วนพื้นที่อบแห้งผลิตภัณฑ์ ส่วนพื้นที่รับรังสีอาทิตย์ และส่วนขดลวดความร้อน ขนาด 1,500 W จำนวน 2 ตัว ระบายอากาศด้วยพัดลมไฟฟ้ากระแสตรง 12V ขนาด 2 นิ้ว จำนวน 3 ตัว เมื่อนำทั้งสามส่วนมาต่อกัน เครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟจะมีขนาดพื้นที่อบแห้ง 2.45 ตารางเมตร ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 เครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน

3.1 เครื่องมือวัด

(1) เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด Chromel alumel type K range code 13 (-200 – 1350 องศาเซลเซียส) ความละเอียด ± 1 องศาเซลเซียส ต่อเข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิ

(2) Solar Power Meter รุ่น DT - 1307 ใช้วัดค่ารังสีอาทิตย์

(3) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบ Digital ยี่ห้อ Sartorius รุ่น GE2102 ความละเอียด 0.01 กรัม ใช้ชั่งน้ำหนักกาแฟตัวอย่าง

(4) Hot-wire Anemometer รุ่น DT-618 ใช้วัดความเร็วลมของพัดลมระบายอากาศ

(5) วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยใช้หลักการของอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้ง

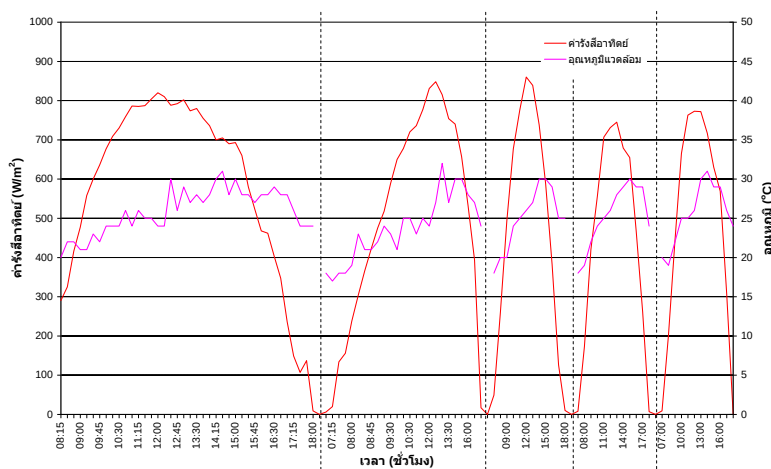
(6) การหาความชื้นของเมล็ดกาแฟ โดยการนำตัวอย่างเมล็ดกาแฟสดบรรจุในเพลตแก้ว และชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งแบบ Digital ความละเอียด 0.01 กรัม แล้วนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส

(7) โมดูลวงจรควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control module) จากเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดเค ยี่ห้อ Linking รุ่น LT-400

4. ผลการทดลอง

ผลการทดลองการลดความชื้นเมล็ดกาแฟด้วยวิธีการตากแดดของเกษตรกร

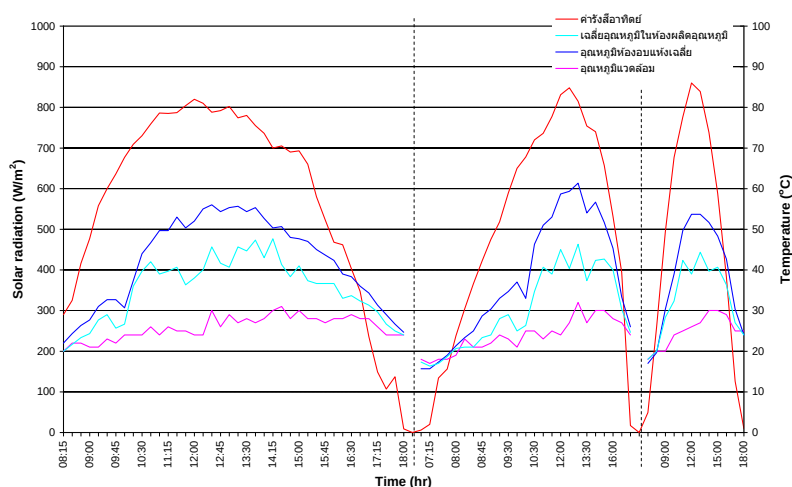
เริ่มต้นจากการนำเมล็ดกาแฟสดที่เตรียมไว้ ตากแดดบนแคร่ไม้ไผ่ และเกลี่ยให้ชั้นของเมล็ดกาแฟมีความหนาประมาณ 2 - 3 เซนติเมตร ซึ่งตากแดดตลอดทั้งวัน และจะนำพลาสติกคลุม ในช่วงเวลากลางคืน พบว่า อุณหภูมิบรรยากาศเปิดมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งขึ้นอยู่กับค่ารังสีอาทิตย์โดยตรง มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดช่วงการทดลองเป็น 25.07 องศาเซลเซียส ดังภาพ 10 โดยเมล็ดกาแฟมีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 51.63 มาตรฐานแห้ง (d.b.) ตากแดดเป็นเวลา 4 วัน ได้ความชื้นสุดท้ายร้อยละ 22.88 มาตรฐานแห้ง (d.b.)



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบรรยากาศเปิดร่วมกับค่ารังสีอาทิตย์

ผลการทดลองเครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

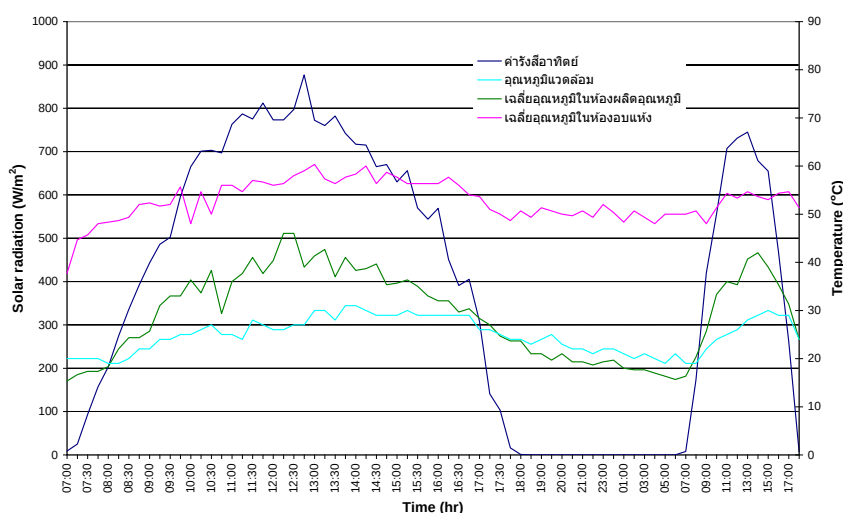
จากการทดลองจะใช้เมล็ดกาแฟสดจำนวน 5 กิโลกรัม ใส่ถาดตะแกรง 2 ถาด พบว่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในส่วนของส่วนพื้นที่อบแห้งผลิตภัณฑ์ จะเปลี่ยนแปลงไปตามค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดจุดวัดเป็น 3 จุด ซึ่งได้ผลดังนี้ คือ จุดวัดที่ 1 บริเวณด้านหน้าของส่วนพื้นที่อบแห้งผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะมีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเที่ยงวันของทุกวัน ซึ่งเมื่อคิดค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดช่วงการทดลองบริเวณส่วนพื้นที่อบแห้งมีอุณหภูมิเฉลี่ย 41.28 องศาเซลเซียส และการเปลี่ยนแปลง ของอุณหภูมิที่บริเวณจุดวัดต่าง ๆ ภายในส่วนพื้นที่รับรังสีอาทิตย์ มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ภายในส่วนพื้นที่รับรังสีอาทิตย์ทุกจุดวัดตลอดช่วงการทดลองเป็น 32.72 องศาเซลเซียส เมล็ดกาแฟสด ดังภาพที่ 11 โดยที่เมล็ดกาแฟมีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 51.6 มาตรฐานแห้ง (d.b.) ใช้เวลาอบแห้งประมาณ 3 วัน ทำให้มีความชื้นสุดท้ายที่ร้อยละ 21.15 มาตรฐานแห้ง (d.b.)



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งร่วมกับค่ารังสีอาทิตย์

ผลการศึกษาเครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟโดยใช้ขดลวดความร้อนเป็นพลังงานเสริม

จากรูปที่ 12 เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อนในการอบแห้งเมล็ดกาแฟตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งตั้งอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส ใช้เมล็ดกาแฟสดจำนวน 5 กิโลกรัม พบว่า ส่วนพื้นที่อบแห้งผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิ 52.74 องศาเซลเซียส และส่วนพื้นที่รับรังสีอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 29.25 องศาเซลเซียส ซึ่งเมล็ดกาแฟมีความชื้นเริ่มต้นที่ร้อยละ 51.47 มาตรฐานแห้ง (d.b.) อบแห้งเป็น 2 วัน ทำให้เมล็ดกาแฟความชื้นสัมพัทธ์สุดท้ายที่ร้อยละ 25.79 มาตรฐานแห้ง (d.b.)

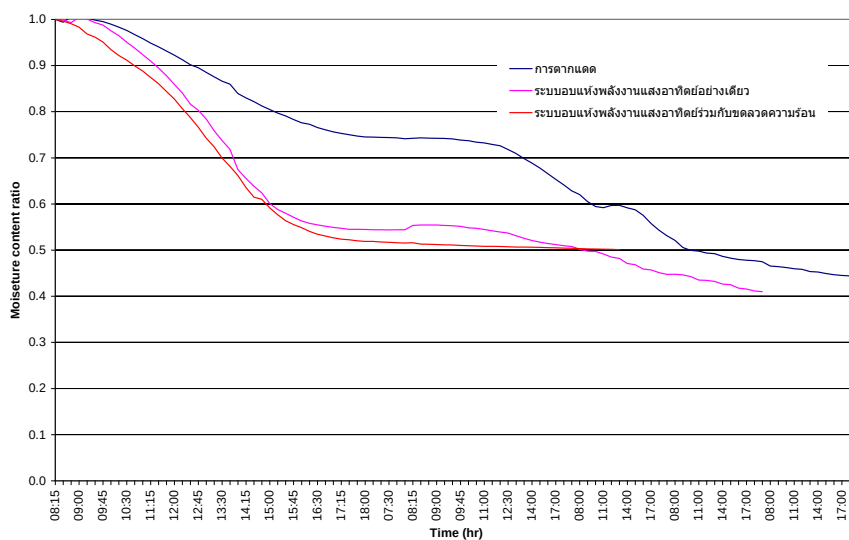


ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งร่วมกับค่ารังสีอาทิตย์

ผลการเปรียบเทียบอัตราการลดลงของความชื้นในเมล็ดกาแฟด้วยวิธีต่าง ๆ

เมื่อคำนวณหาอัตราการลดลงของความชื้นเมล็ดกาแฟด้วยวิธีต่าง ๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน ดังรูปที่ 13 พบว่า การลดลงของความชื้นของเมล็ดกาแฟ ด้วยวิธีการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับขดลวดความร้อน มีอัตราการลดลงอย่างรวดเร็วมากที่สุดในช่วงแรก

และเป็นการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และการตากแดดของเกษตรกรตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบถึงการลดลงของความชื้นสุดท้าย เครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับขดลวดอยู่ในระดับที่มีความชื้นมากกว่าทั้งสองวิธีการ สาเหตุจากการที่ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมการลดลงของน้ำหนักเมล็ดกาแฟตัวอย่างที่อยู่ในระดับเกือบคงที่ ประกอบกับการที่ได้รับคำแนะนำจากเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการวิจัยนั้น ทำให้ตัดสินใจสิ้นสุดผลการทดลอง แต่เมื่อพิจารณาถึงแนวโน้มการลดลงของความชื้นในภาพรวมแล้ว วิเคราะห์ได้ว่า การลดความชื้นด้วยวิธีการใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน จะได้อัตราการลดลงของความชื้นที่รวดเร็วกว่ารูปแบบอื่น ๆ



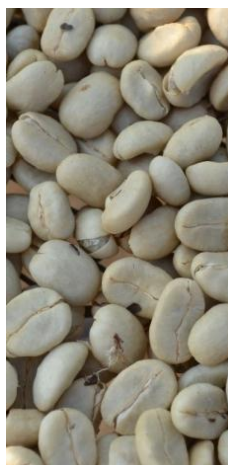
ภาพที่ 13 การเปรียบเทียบอัตราการลดลงของความชื้นของเมล็ดกาแฟด้วยวิธีต่าง ๆ

คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดกาแฟที่ผ่านการอบแห้ง

เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ ความแตกต่างของสีของเมล็ดกาแฟที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการตากแดดของเกษตรกรจะมีสีเหลืองคล้ำ มากกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน แต่กลาของเมล็ดกาแฟจะไม่มีแตกร้าเหมือนทั้ง 2 วิธีหลัง ที่กลาของเมล็ดกาแฟจะเกิดรอยแตกร้ามากเป็นผลเนื่องจากการลดลงของความชื้นในเมล็ดกาแฟอย่างรวดเร็ว และการสังเกตของผู้วิจัย ยังพบอีกว่า ในขั้นตอนระหว่างการอบแห้งจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ผลิตภัณฑ์เมล็ดกาแฟอบแห้งจะมีความเหนียว และไม่สามารถทำให้แตกหักง่าย เนื่องจากความร้อนสะสมในตัวผลิตภัณฑ์ เมื่อพองในบรรยากาศเปิดในที่ร่มเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง ความร้อนที่สะสมในตัวผลิตภัณฑ์ลดลงเป็นผลทำให้เมล็ดกาแฟเกิดการแข็งตัว จึงสามารถทำให้เกิดการแตกหักได้ง่าย



(ก) ใช้วิธีตากแดดของเกษตรกร



(ข) ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว



(ค) ใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน

ภาพที่ 14 ความแตกต่างของสีเมล็ดกาแฟที่ผ่านการอบแห้งด้วยวิธีการต่างๆ

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ ได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องอบแห้งชนิดอุโมงค์ และมีขดลวดความร้อนเป็นตัวให้ความร้อนเสริม เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบการลดความชื้นเมล็ดกาแฟโดยใช้วิธีการตากแดดของเกษตรกรกับการลดความชื้นเมล็ดกาแฟ โดยใช้เครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และศึกษาลดความชื้นเมล็ดกาแฟ โดยใช้เครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน พบว่า การลดความชื้นด้วยการตากแดดใช้เวลา 4 วัน โดยความชื้นเริ่มต้น ของเมล็ดกาแฟประมาณร้อยละ 51.63 มาตรฐานแห้ง (d.b.) จนมีค่าความชื้นสุดท้ายร้อยละ 22.88 มาตรฐานแห้ง (d.b.) แต่การใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้เวลา 3 วัน ซึ่งเมล็ดกาแฟ มีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 51.63 มาตรฐานแห้ง (d.b.) และความชื้นของเมล็ดกาแฟสุดท้าย ที่ร้อยละ 21.15 มาตรฐานแห้ง (d.b.) และการลดความชื้นด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับขดลวดความร้อน จะใช้เวลาในการอบแห้งตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 2 วัน เมล็ดกาแฟมีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 51.47 มาตรฐานแห้ง (d.b.) จนกระทั่งเหลือความชื้นสุดท้ายที่ร้อยละ 25.79 มาตรฐานแห้ง (d.b.) ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพไม่มีความแตกต่างกันมากนัก แต่ในช่วงแรกหลังจากการนำผลิตภัณฑ์ออกจากเครื่องอบแห้งเนื้อของเมล็ดกาแฟมีความร้อนและเหนียว เนื่องจากความร้อนสะสมในผลิตภัณฑ์ และเมื่อนำไปผึ่งในที่ร่มเป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง จะทำให้เนื้อของเมล็ดกาแฟแข็งและกรอบขึ้น ซึ่งเกิดจากการเย็นตัวของผลิตภัณฑ์ที่เข้าสู่อุณหภูมิสภาวะแวดล้อม และเมื่อสร้างเครื่องอบแห้งเมล็ดกาแฟใช้งานเกษตรกรจะมีระยะเวลาการคืนทุนภายใน 10 เดือน

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางเป็นอย่างสูง ที่ให้ทุนสนับสนุนงบประมาณในการจัดทำโครงการวิจัย ขอขอบคุณสมาชิกองค์การบริหารส่วนตำบลแจ้ซ้อน ผู้ใหญ่บ้านหมู่บ้านใหม่พัฒนา ต.แจ้ซ้อน อ.เมืองปาน จ.ลำปาง ที่คอยประสานงาน อำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงการของคณะผู้วิจัย และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บผลวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บผลวิจัย

7. บรรณานุกรม

- กริช เจียมจิโรจน์ และคณะ. (2549). **การหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งกาแฟและถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิคไมโครเวฟ - สเปาเต็คเบต**. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20, 18-20 ตุลาคม 2549, นครราชสีมา.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี (2554). **กาแฟ**. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://th.wikipedia.org>. เข้าดูเมื่อวันที่ 13/10/2554.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2554). **คาเฟอีน**. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://th.wikipedia.org>. เข้าดูเมื่อวันที่ 13/10/2554.
- ไพโรจน์ ศิริรัตน์ และคณะ. (2549). **สมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานชนิดอุโมงค์ในการอบพริกชี้หนู**. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 20, 18-20 ตุลาคม 2549. นครราชสีมา.
- มานพ หาญเทวี. (2010). **การปลุกกาแฟ**. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.tlcthai.com>. เข้าดูเมื่อวันที่ 13/10/2554.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร. (2553). **กาแฟ**. [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.ndoae.com/Data_plan/coffee2010. เข้าดูเมื่อวันที่ 13/10/2554.
- Nattapon Srisittipokakun and Keerati Kirdsiri (2009). **Development of a double collector solar tunnel dryer**. 35th Congress on Science and Technology of Thailand.
- Paulo César Corrêa, Osvaldo Resende and Deise Menezes Ribeiro(2006). **Drying Characteristics and kinetics of coffee berry**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.8, n.1, 2006, p.1-10.
- S. Janjai, P. Intawee, C. Chaichoet and P. Sittiamnuay (2005). **Field Experiments of the Silpakorn Type Solar Tunnel Dryers in Northern Thailand**. National Research Council of Thailand (NRCT) database.