บทที่ 4
ผลและอภิปรายผลการศึกษา

กิจกรรมที่ 1 การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตกาแฟในระบบวนเกษตร

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษารูปแบบการผลิตกาแฟคุณภาพในระบบวนเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์

การทดลองที่ 1 การศึกษาระบบการปลูกร่วมกับการไว้กิ่งหลักต่อผลผลิตกาแฟโรบัสต้า

จากการสำรวจแปลงปลูกกาแฟของเกษตรกรใน อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อเก็บข้อมูลการผลิตกาแฟในระบบวนเกษตร พบว่าเกษตรกรนิยมปลูกกาแฟแซมระหว่างต้นไม้ผลหลัก ได้แก่ ทุเรียน ลางสาด ลองกอง โดยปลูกเป็นไม้ระดับที่ 3 ในระบบวนเกษตร เพื่อใช้พื้นที่ว่างในสวนระหว่างไม้ผลหลักยังไม่โตเต็มที่ มีที่ปลูกมานานแล้วและเพิ่งเริ่มปลูก พบต้นให้ผลผลิตตั้งแต่อายุ 3 ปี จนกระทั่งต้นอายุมากกว่า 60 ปี ส่วนใหญ่ขาดการดูแลรักษาต้นกาแฟ ไม่มีการให้น้ำ ไม่มีการตัดแต่งกิ่งและให้ปุ๋ย มีขนาดต้นเพิ่มขึ้นตามอายุในด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความสูง และความกว้างทรงพุ่ม ลักษณะการให้ผลผลิตพบว่าสูงสุดเมื่ออายุต้นประมาณ 7 ถึง 8 ปี มีจำนวนกิ่งแขนงที่ติดผล จำนวนข้อต่อกิ่ง (สามารถให้ผลได้) จำนวนกลุ่มผลต่อกิ่ง และจำนวนผลต่อกลุ่มมากที่สุด ในขณะที่ต้นกาแฟที่มีอายุมากกว่า 8 ปี ให้ลักษณะทางกายภาพผลผลิตดีที่สุด กล่าวคือ ผลสดมีขนาดใหญ่ ให้น้ำหนักกาแฟแห้ง และกาแฟสารมากที่สุด ในด้านผลผลิตพบว่าต้นกาแฟให้ผลผลิตสูงขึ้นตามขนาดต้นและอายุโดยให้ผลผลิตสูงในช่วงอายุ 7 ถึง 8 ปี โดยผลผลิตกาแฟจังหวัดอุตรดิตถ์มีปริมาณคาเฟอีนในกาแฟสารที่เก็บจากผลที่สุกแดงเต็มที่อยู่ระหว่าง 1.43 ถึง 1.62 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 7 และ ตารางที่ 1

ภาพที่ 7 การผลิตกาแฟในระบบวนเกษตร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

ตารางที่ 1 ลักษณะต้นและผลผลิตกาแฟอายุต่างๆ ในระบบวนเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์

ลักษณะ	**อายุต้นกาแฟ (ปี)**			
	3 ถึง 4	**5 ถึง 6**	**7 ถึง 8**	**มากกว่า 8**
เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)	5.92±1.46	12.64±4.06	9.85±1.48	20.31±3.23
ความกว้างทรงพุ่ม (ม.)	2.38±0.41	3.74±0.59	3.3±0.42	5.41±1.04
ความสูงต้น (ม.)	2.29±0.45	3.25±0.38	3.10±0.57	4.55±1.04
กิ่งแขนงติดผล (ร้อยละ)	20.16±11.51	28.14±10.34	40.95±7.99	27.89±18.01
ความยาวกิ่งแขนง (ซม.)	71.59±16.67	69.51±11.7	81.75±10.54	66.46±7.96
จำนวนข้อต่อกิ่ง	9.06±3.40	8.72±2.06	12.00±1.70	6.96±1.29
ความยาวปล้อง (ซม.)	7.49±3.08	8.33±1.98	6.85±0.07	9.80±1.90
จำนวนกลุ่มผลต่อกิ่ง	3.08±0.86	3.81±1.40	6.65±0.49	3.13±0.86
จำนวนผลต่อกลุ่ม	11.05±5.39	10.53±2.60	14.25±2.19	8.36±5.77
ผลเสียลอยน้ำ (ร้อยละ)	6.79±5.07	6.95±4.61	4.50±0.71	7.61±5.79
น้ำหนักผลกาแฟสุก (ก.)	1.03±0.25	1.08±0.21	0.95±0.07	1.10±0.23
น้ำหนักแห้งผล (ร้อยละ)	36.62±8.92	41.43±10.46	39.75±0.21	38.09±2.08
น้ำหนักเปลือก (ร้อยละ)	46.25±4.32	49.33±4.51	47.48±6.22	37.11±10.70
น้ำหนักผลแห้ง 100 ผล	46.81±11.51	44.13±10.67	38.05±4.92	48.48±14.11
น้ำหนักกาแฟสาร 100 เมล็ด	14.58±3.38	13.76±2.46	12.58±1.15	15.33±3.34
ปริมาณผลผลิตต่อต้น (ก.)	641.43±481.46	1,866.13±1408.83	5,488.20±1648.55	1,457.11±1271.74
ปริมาณผลแห้งต่อต้น (ก.)	211.91±152.71	855.49±889.84	2,183.95±666.83	623.56±460.08
ปริมาณกาแฟสารต่อต้น (ก.)	116.10±86.45	422.59±415.12	1,167.84±486.04	387.54±264.49
ปริมาณคาเฟอีน (มก./กก.)	16,149.70±2,840.96	14,327.98±1,632.21	15,826.24±1,441.78	16,169.06±3,709.49

ศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการปลูกกาแฟโดยใช้การวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล มี 2 ปัจจัย ได้แก่ 1) ระบบการปลูก 2 รูปแบบ ได้แก่ การปลูกแบบเชิงเดี่ยวกลางแจ้งได้รับแสงตลอดวัน และการปลูกร่วมกับไม้ใหญ่/ไม้ผลในระบบวนเกษตรได้รับความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดวันประมาณร้อยละ 67 และ 2) การไว้กิ่งหลัก (กิ่งตั้ง) ที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ ได้แก่ การไว้กิ่งตามคำแนะนำ (จำนวน 1 ถึง 5 กิ่ง) และ การไว้กิ่งมากกว่าคำแนะนำ (มากกว่า 5 กิ่ง) ได้ผลดังนี้

1.1 ปริมาณธาตุอาหารในดิน

รูปแบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งแบบเชิงเดี่ยวหรือในร่มเงาไม้ผลในระบบวนเกษตร และการมีปริมาณกิ่งหลักบนต้นแตกต่างกันไม่มีผลกับลักษณะทางเคมีของดิน ด้านค่า pH และค่า EC และไม่มีผลกับปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานธาตุอาหารในดินสำหรับการปลูกกาแฟของ กรมส่งเสริมการเกษตร (2557) พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ในระดับที่เหมาะสม ค่า EC อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินปานกลางอยู่ระหว่าง 1.36 ถึง 1.75 เปอร์เซ็นต์ โดยที่ค่ามาตรฐานรายงานว่าควรมีปริมาณอินทรียวัตถุระหว่าง 2.5 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม อยู่ระหว่าง 6.92 ถึง 18.07 และ 86.93 ถึง 141.20 mg/kg ตามลำดับ ในขณะที่ค่ามาตรฐานรายงานว่าควรมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม อยู่ระหว่าง 30 ถึง 40 และ 100 ถึง 130 mg/kg ตามลำดับ และยังพบอีกว่าปริมาณธาตุอาหารในดิน 3 ชนิดนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะการให้ผลผลิต และผลผลิตกาแฟ

1.2 ลักษณะต้นกาแฟ

รูปแบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งแบบเชิงเดี่ยวหรือในร่มเงาไม้ผลในระบบวนเกษตร และการมีปริมาณกิ่งหลักบนต้นแตกต่างกันไม่มีผลกับความสูง ทรงพุ่ม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ผิวทรงพุ่มกาแฟ แต่มีแนวโน้มว่าต้นกาแฟที่ปลูกแบบวนเกษตรให้พื้นที่ผิวทรงพุ่มมากกว่า และหากว่ามีจำนวนกิ่งหลักน้อยให้พื้นที่ผิวทรงพุ่มมากกว่าเช่นเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4

1.3 ลักษณะกิ่งแขนง และลักษณะการให้ดอกผลของกิ่งแขนง

รูปแบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งแบบเชิงเดี่ยวหรือในร่มเงาไม้ผลในระบบวนเกษตร และการมีปริมาณกิ่งหลักบนต้นแตกต่างกันไม่มีผลกับลักษณะกิ่งแขนงที่แตกจากกิ่งหลักของต้นกาแฟ ในด้านความยาวกิ่งแขนงที่ให้ผล จำนวนข้อต่อกิ่ง จำนวนใบต่อกิ่ง และความยาวปล้องอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 5

ในขณะที่การไว้กิ่งหลักมีผลกับอัตราส่วนจำนวนกิ่งแขนงต่อกิ่งหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าต้นกาแฟที่ไว้กิ่งหลัก 1 ถึง 5 กิ่ง มีการแตกกิ่งแขนงออกจากกิ่งหลักได้มากกว่า ในขณะที่รูปแบบการปลูกและการมีปริมาณกิ่งหลักบนต้นแตกต่างกันไม่มีผลกับการติดดอกและผลของกิ่งแขนง ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 2 ลักษณะทางเคมีของดินบริเวณชายพุ่มต้นกาแฟที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		pH (1:1)	EC (mS/cm)
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	6.04±0.49	0.05±0.02
	วนเกษตร	6.01±0.47	0.04±0.02
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	6.11±0.48	0.05±0.02
	มากกว่า 5	5.92±0.46	0.04±0.01

A x B			
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	6.18±0.52	0.05±0.03
	มากกว่า 5	5.95±0.48	0.05±0.01
วนเกษตร	1 ถึง 5	6.07±0.48	0.05±0.02
	มากกว่า 5	5.87±0.49	0.04±0.01
F-Test	รูปแบบ	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns
C.V.(%)		8.10	43.63

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

1.4 ลักษณะการให้ผลผลิต

รูปแบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งแบบเชิงเดี่ยวหรือในร่มเงาไม้ผลในระบบวนเกษตร และการมีปริมาณกิ่งหลักบนต้นแตกต่างกันไม่มีผลกับลักษณะการให้ผลผลิตของกาแฟ ในด้านจำนวนกลุ่มดอกต่อกิ่ง จำนวนกลุ่มผลต่อกิ่ง จำนวนผลต่อกลุ่ม และ ปริมาณผลผลิตต่อต้น

ทั้งนี้มีแนวโน้มว่าต้นกาแฟที่ปลูกแบบวนเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ได้รับความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดวัน 67 เปอร์เซ็นต์ (สภาพร่มเงา 33 เปอร์เซ็นต์ เฉลี่ยตลอดวัน โดยที่ต้นกาแฟได้รับแสงแดดในช่วงเช้าและได้รับความเข้มแสงในช่วงบ่าย 35 เปอร์เซ็นต์) หรือได้รับการตัดแต่งกิ่งให้มีกิ่งหลักบนต้นไม่เกิน 5 กิ่ง มีแนวโน้มให้ผลผลิตต่อต้นมากกว่า เป็นไปได้ว่าสภาพร่มเงาในระบบวนเกษตรของพื้นที่ทดลองมีความเข้มแสงพอเพียงสำหรับปริมาณการให้ผลผลิตของกาแฟ ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งสอดคล้องกับที่ ณัฐวิทย์ และ ระวี (2562) รายงานว่าการปลูกกาแฟโรบัสต้าในสภาพร่มเงา 60 เปอร์เซ็นต์ ต้นกาแฟยังคงสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดี ในขณะที่ Soto-Pinto *et al.* (2000) รายงานว่าการมีร่มเงาไม้ยืนต้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลต่อผลผลิตกาแฟ เช่นเดียวกับที่ พงศกร (2559) รายงานว่าการปลูกกาแฟร่วมในสวนยางพาราที่มีการส่องผ่านแสงไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ การเจริญเติบโตทางลำต้นดีไม่เท่ากับต้นที่ปลูกกลางแจ้ง ซึ่ง ระวี และ ชนินทร์ (2558) ได้ศึกษาการให้ผลผลิตของกาแฟโรบัสต้าอายุ 10 ปี ที่ปลูกในสวนไม้ผลแบบผสมผสาน ได้แก่ ลองกอง ขนุน และทุเรียน เนื่องจากในสภาพร่มเงามีการซ้อนทับของทรงพุ่มไม้ผลอื่นๆ หนาแน่น และบดบังแสง ทำให้ระดับความเข้มแสงต่ำตลอดวันได้รับความเข้มแสงเพียง 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ จึงให้ปริมาณผลผลิตต่อต้นน้อยกว่าการปลูกกลางแจ้งมีผลผลิตเพียง 152.52 กรัม ในขณะที่ต้นที่ปลูกกลางแจ้งให้ปริมาณผลผลิตต่อต้น 637.79 กรัม แสดงให้เห็นว่าความผันแปรของระดับความเข้มแสงภายใต้สภาพแวดล้อมในสวนไม้ผลผสมผสานเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อลักษณะการปรับตัวของต้นและผลผลิตของกาแฟโรบัสต้า

ตารางที่ 3 ปริมาณธาตุอาหารในดินบริเวณชายพุ่มต้นกาแฟที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		OM (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	1.60±0.52	13.67±19.56	129.05±49.03
	วนเกษตร	1.49±0.50	9.90±12.05	99.75±32.59
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	1.43±0.52	13.67±19.83	106.94±36.15
	มากกว่า 5	1.68±0.47	9.59±10.48	123.11±50.90
A x B				
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	1.36±0.57	18.07±28.78	109.61±45.44
	มากกว่า 5	1.75±0.46	10.93±12.66	141.20±50.03
วนเกษตร	1 ถึง 5	1.46±0.52	11.23±14.36	105.45±32.92
	มากกว่า 5	1.55±0.53	6.92±3.77	86.93±32.26
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns
C.V.(%)		33.32	141.56	36.12

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

1.5 ผลผลิตกาแฟ

ภาพที่ 8 ผลผลิตกาแฟในระบบวนเกษตร อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

1.5.1 ลักษณะทางกายภาพของผลกาแฟ

ผลกาแฟในการเก็บเกี่ยวที่ระยะผลสีเขียวจนกระทั่งผลเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้มมีน้ำหนักสดของผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ เป็นไปได้ว่าในการทดลองผลสีเขียวในระยะที่เก็บเกี่ยวแก่เต็มที่แล้วเนื่องจากเก็บจากกิ่งที่มีจำนวนผลสีเขียวในกิ่งไม่เกินร้อยละ 30 จากงานวิจัยพบว่ารูปแบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งแบบเชิงเดี่ยวหรือในร่มเงาไม้ผลในระบบวนเกษตร และการมีปริมาณกิ่งหลักบนต้นแตกต่างกันไม่มีผลกับน้ำหนักสดผลกาแฟในระยะการสุกแก่ผลสีเขียวและสีส้ม แต่พบว่าการปลูกกาแฟกลางแจ้งแบบเชิงเดี่ยวให้น้ำหนักสดผล

กาแฟในระยะการสุกแก่ผลสีแดงมากกว่า และการไว้กิ่งหลักตามคำแนะนำไม่เกิน 5 กิ่ง ให้น้ำหนักสดผลกาแฟในระยะการสุกแก่ผลสีแดงเข้มมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 8)

การปลูกกาแฟแบบเชิงเดี่ยวให้ได้รับแสงเต็มที่มีผลให้ผลกาแฟในระยะสุกแก่สีเขียวและสีส้มมีขนาดความกว้างมากกว่า ในขณะที่รูปแบบการปลูกกาแฟและการไว้กิ่งหลักบนต้นที่แตกต่างกันไม่มีผลกับขนาดผลกาแฟด้านความยาว และค่าสีผลกาแฟสุกในระยะสุกแก่ผลสีแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 9 ถึง 11)

ตารางที่ 4 ลักษณะต้นกาแฟที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ความสูงต้น (ม.)	ความกว้างทรงพุ่ม (ม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)	พื้นที่ผิวทรงพุ่ม (ตร.ม.)
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	3.06±0.63	3.35±0.91	11.98±6.70	9.32±5.43
	วนเกษตร	3.58±1.31	3.95±1.21	12.79±5.57	13.25±7.86
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	3.67±1.30	3.98±1.16	13.84±6.47	13.31±7.53
	มากกว่า 5	2.91±0.36	3.27±0.92	10.69±5.26	8.92±5.50
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	3.36±0.87	3.40±0.69	13.68±7.87	9.30±3.56
	มากกว่า 5	2.88±0.39	3.31±1.07	10.93±6.18	9.33±6.58
วนเกษตร	1 ถึง 5	3.84±1.50	4.3±1.28	13.93±6.09	15.53±8.38
	มากกว่า 5	2.98±0.33	3.18±0.61	10.23±3.49	8.10±2.93
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		30.47	28.73	50.12	57.98

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5 ลักษณะกิ่งแขนงของต้นกาแฟที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ความยาวกิ่งแขนง (ซม.)	จำนวนข้อต่อกิ่ง	จำนวนใบต่อกิ่ง	ความยาวปล้อง (ซม.)
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	75.01±12.61	9.01±1.98	7.70±3.94	7.82±2.65

	วนเกษตร	66.78±13.20	7.92±2.51	7.03±5.00	8.90±2.14
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	70.64±13.19	8.09±2.59	8.01±5.20	9.21±2.06
	มากกว่า 5	70.85±14.14	8.90±1.88	6.61±3.37	7.36±2.52
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	76.9±15.13	9.06±2.69	8.84±4.93	8.82±1.67
	มากกว่า 5	73.66±11.56	8.98±1.59	6.99±3.35	7.19±3.05
วนเกษตร	1 ถึง 5	67.17±11.41	7.54±2.52	7.56±5.58	9.43±2.31
	มากกว่า 5	65.93±18.66	8.75±2.64	5.85±3.79	7.70±1.19
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		19.03	27.42	62.59	28.30

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อนำผลกาแฟสดมาลอยน้ำเพื่อคัดแยกผลเสียที่ถูกแมลงทำลาย พบว่ารูปการปลูกกาแฟและการไว้กิ่งไม่มีผลกับปริมาณผลเสีย แต่พบว่าการปลูกแบบเชิงเดี่ยว หรือการไว้กิ่งหลักไม่เกิน 5 กิ่ง ให้ผลเสียที่มีน้ำหนักมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12) สอดคล้องกับที่ วราพงษ์ และคณะ (2542) รายงานว่าระบบการปลูกกาแฟอราบีก้าร่วมกับพืชอื่น เช่น ไม้ป่าหรือไม้ผลเศรษฐกิจ ได้แก่ บ๊วย พลับ ท้อ ลิ้นจี่ และส้มโอ สามารถลดการเข้าทำลายของศัตรูพืชได้ดีกว่าระบบการปลูกกาแฟชนิดเดียวกลางแจ้ง อาจเป็นไปได้ว่าในพื้นที่มีกลุ่มศัตรูพืชที่เข้าทำลายได้ดีในสภาพกลางแจ้ง

ตารางที่ 6 ลักษณะการให้ดอกผลของกิ่งแขนงของต้นกาแฟที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		อัตราส่วนกิ่งแขนงต่อกิ่งหลัก	กิ่งแขนงติดผล (%)	กิ่งแขนงติดดอก (%)
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	53.38±36.91	27.5±16.04	33.86±13.66
	วนเกษตร	68.28±42.87	27.00±10.39	28.33±18.27
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	79.20±43.49 [a]	26.57±11.44	28.43±17.67
	มากกว่า 5	39.39±21.36 [b]	28.04±15.57	34.21±14.04
A x B				
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	74.18±46.29	26.36±15.34	33.24±12.39
	มากกว่า 5	40.38±24.67	28.21±17.46	34.25±15.22
วนเกษตร	1 ถึง 5	81.99±44.46	26.69±9.74	25.76±20.20
	มากกว่า 5	37.43±15.67	27.7±13.33	34.13±13.51
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns

กิ่งหลัก	*	ns	ns
รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns
C.V.(%)	60.08	51.71	53.33

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 7 ลักษณะการติดผลและปริมาณผลผลิตของต้นกาแฟที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		จำนวนกลุ่มดอกต่อกิ่ง	จำนวนกลุ่มผลต่อกิ่ง	จำนวนผลต่อกลุ่ม	ปริมาณผลผลิตต่อต้น (ก.)
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	1.78±1.41	3.61±1.04	9.40±3.97	1,516.11±1,788.45
	วนเกษตร	1.28±1.75	3.86±1.72	11.89±5.51	1,792.75±1,667.86
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	1.35±1.53	3.59±1.46	10.5±5.73	1,806.32±2,058.09
	มากกว่า 5	1.85±1.60	3.90±1.37	10.82±3.89	1,477.22±1,224.62
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	1.37±0.76	3.62±1.55	9.36±5.71	1,911.00±2,735.14
	มากกว่า 5	2.02±1.73	3.60±0.68	9.43±2.90	1,269.30±1,013.59
วนเกษตร	1 ถึง 5	1.34±1.96	3.58±1.51	11.13±5.97	1,748.17±1,769.72
	มากกว่า 5	1.00±0.00	4.50±2.25	13.60±1.19	1,893.05±1,660.08
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		107.67	38.78	46.38	108.15

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 8 น้ำหนักสดผลกาแฟในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		น้ำหนักสดผลกาแฟ (ก.ต่อผล) ในระยะสุกแก่			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	1.02±0.28	1.08±0.19	1.13±0.27[a]	1.01±0.32

	วนเกษตร	0.90±0.23	0.91±0.23	0.98±0.14[b]	0.98±0.26
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	1.03±0.29	0.99±0.28	1.12±0.27	1.11±0.32[a]
	มากกว่า 5	0.89±0.21	1.00±0.13	1.00±0.17	0.88±0.20[b]
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	1.20±0.23	1.18±0.20	1.32±0.28	1.28±0.30
	มากกว่า 5	0.90±0.24	1.01±0.16	1.01±0.20	0.84±0.19
วนเกษตร	1 ถึง 5	0.91±0.28	0.88±0.27	0.99±0.17	1.00±0.29
	มากกว่า 5	0.88±0.13	0.98±0.10	0.98±0.05	0.95±021
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	*	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	*
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		24.98	20.54	18.56	25.52

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 9 ความกว้างผลกาแฟในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ความกว้างผล (ซม.) ในระยะสุกแก่			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	1.10±0.10[a]	1.09±0.10	1.13±0.12 [a]	1.04±0.16
	วนเกษตร	1.01±0.10[b]	1.04±0.11	1.05±0.08 [b]	1.06±0.07
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	1.08±0.12	1.07±0.12	1.10±0.12	1.10±0.08
	มากกว่า 5	1.05±0.10	1.06±0.10	1.08±0.10	1.00±0.14
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	1.15±0.09	1.13±0.09	1.18±0.12	1.14±0.10
	มากกว่า 5	1.07±0.10	1.07±0.11	1.10±0.11	0.98±0.16
วนเกษตร	1 ถึง 5	1.02±0.12	1.04±0.12	1.05±0.09	1.07±0.05
	มากกว่า 5	1.01±0.07	1.04±0.09	1.06±0.08	1.05±0.01
F-Test	รูปแบบ	*	ns	*	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		9.48	10.09	9.37	10.77

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 10 ความยาวผลกาแฟในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ความยาวผล (ซม.) ในระยะสุกแก่			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	1.34±0.19	1.33±0.17	1.33±0.18	1.27±0.17
	วนเกษตร	1.28±0.19	1.27±0.17	1.27±0.12	1.28±0.10
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	1.36±0.20	1.32±0.19	1.34±0.16	1.32±0.12
	มากกว่า 5	1.26±0.17	1.27±0.16	1.27±0.15	1.23±0.14
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	1.44±0.15	1.41±0.18	1.43±0.16	1.38±0.14
	มากกว่า 5	1.28±0.20	1.28±0.16	1.27±0.17	1.21±0.16
วนเกษตร	1 ถึง 5	1.31±0.22	1.27±0.18	1.28±0.13	1.28±0.10
	มากกว่า 5	1.22±0.14	1.25±0.18	1.27±0.12	1.27±0.12
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		14.30	13.42	11.48	10.44

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 11 ค่าสีผลกาแฟในระยะสุกแก่ผลสีแดงที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ค่าสีผลกาแฟในระยะสุกแก่ผลสีแดง		
		L*	a*	b*
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	24.75±2.72	19.11±3.12	10.37±2.61
	วนเกษตร	24.38±4.24	18.99±4.53	9.05±2.34

กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	25.71±2.81	20.29±3.97	10.15±2.32
	มากกว่า 5	23.35±3.78	17.71±3.19	9.28±2.76
A x B				
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	25.66±2.69	20.64±3.53	10.64±2.46
	มากกว่า 5	24.19±2.75	18.15±2.61	10.2±2.86
วนเกษตร	1 ถึง 5	25.74±3.07	20.08±4.45	9.85±2.34
	มากกว่า 5	21.68±5.40	16.83±4.44	7.45±1.45
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns
C.V.(%)		13.63	19.69	25.18

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 12 การเสียของผลกาแฟที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ผลเสีย	
		ผลเสีย (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักผล (ก.)
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	8.9±4.61	0.89±0.25[a]
	วนเกษตร	6.63±4.59	0.72±0.24[b]
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	7.55±4.28	0.88±0.29[a]
	มากกว่า 5	8.02±5.23	0.73±0.18[b]
A x B			
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	7.46±2.64	1.1±0.22
	มากกว่า 5	9.8±5.47	0.76±0.16
วนเกษตร	1 ถึง 5	7.6±5.13	0.76±0.26
	มากกว่า 5	4.45±2.22	0.65±0.21
F-Test	รูปแบบ	ns	*
	กิ่งหลัก	ns	*
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns
C.V.(%)		59.08	27.06

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.5.2 ลักษณะทางกายภาพของผลกาแฟแห้ง

รูปแบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งแบบเชิงเดี่ยวหรือในร่มเงาไม้ผลในระบบวนเกษตรไม่มีผลกับเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งผลกาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าผลกาแฟมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามระยะการสุกแก่และเพิ่มสูงสุดในระยะที่ผลเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม (ตารางที่ 13)

ทั้งนี้พบว่ารูปแบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งแบบเชิงเดี่ยวหรือในร่มเงาไม้ผลในระบบวนเกษตร และการมีปริมาณกิ่งหลักบนต้นแตกต่างกันมีผลกับน้ำหนักผลกาแฟแห้งดังนี้ การปลูกกาแฟแบบเชิงเดี่ยวให้ได้แสงกลางแจ้ง หรือ การไว้กิ่งหลักบนต้นไม่เกิน 5 กิ่ง ให้น้ำหนักผลแห้งในระยะที่ผลสดเป็นสีเขียวกับเป็นสีแดงเข้มสูงกว่า แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักกาแฟแห้งในระยะที่สีผลสดเป็นสีส้มและสีแดง ดังแสดงในตารางที่ 14 สอดคล้องกับงานของ ธิดารัตน์ และคณะ (2560) ที่พบว่าการตัดแต่งกิ่งมีผลเพิ่มขนาดของผลกาแฟอาจเป็นเพราะการตัดแต่งกิ่งทำให้ต้นกาแฟมีอาหารสะสมในลำต้นมากพอสำหรับการสร้างผลผลิต

รูปแบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งแบบเชิงเดี่ยวหรือในร่มเงาไม้ผลในระบบวนเกษตร หรือการมีปริมาณกิ่งหลักบนต้นแตกต่างกันไม่มีผลกับเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟสารเมื่อสีจากกาแฟแห้งในทุกระยะการสุกแก่ แต่พบว่าการปลูกกาแฟในระบบวนเกษตรที่ไว้กิ่งหลักต่อต้นมากกว่า 5 กิ่ง มีส่วนที่บริโภคได้ลดลงคือมีส่วนของเปลือกและเนื้อผลที่สีออกจากผลกาแฟแห้งมากที่สุดในระยะที่ผลกาแฟเป็นสีแดงเข้ม (ตารางที่ 15 และ 16) ซึ่งรายงานของประชาและคณะ (2560) กล่าวว่าการปลูกกาแฟอาราบิก้าร่วมกับไม้ป่าให้เปอร์เซ็นต์เปลือกกาแฟมากกว่า การมีน้ำหนักเปลือกมากช่วยถนอมกลิ่นกาแฟได้ดีระหว่างการเก็บรักษาโดยเฉพาะกาแฟที่มีการแปรรูปแบบแห้ง และความหนาเปลือกมีความสัมพันธ์กับรสชาติของกาแฟอีกด้วย นอกจากนี้พบว่าการปลูกกาแฟเชิงเดี่ยวกลางแจ้งทำให้ขนาดความกว้างผลกาแฟแห้งในระยะที่ผลเป็นสีเขียวและสีแดงเข้มสูงกว่าการปลูกร่วมกับไม้ในระบบวนเกษตร ในขณะที่รูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักไม่มีผลกับความยาวของผลแห้งกาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 17 และ 18)

รูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักไม่มีผลกับค่าสี L* และ b* ของผลกาแฟแห้งในทุกระยะการสุกแก่ แต่พบว่าการปลูกแบบเชิงเดี่ยวทำให้ผลกาแฟแห้งในระยะผลสีเขียวและสีแดงมีค่าสี a* มากกว่ากล่าวคือสีผลแห้งมีสีออกแดงมากกว่า ดังแสดงในตารางที่ 19 ถึง 21

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งผลกาแฟในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		น้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ในระยะสุกแก่			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	36.01±6.35	38.01±2.94	37.84±7.38	43.48±7.44
	วนเกษตร	36.07±2.66	35.46±5.03	41.08±10.91	38.69±8.60
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	37.25±3.16	36.69±5.39	38.85±2.74	39.27±7.34
	มากกว่า 5	34.83±6.10	36.88±2.6	39.98±13.25	43.25±8.92
A x B		38.14±4.06	39.26±3.17	39.24±1.15	42.54±1.72

เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5				
	มากกว่า 5	34.68±7.37	37.23±2.70	36.96±9.51	44.06±9.61
วนเกษตร	1 ถึง 5	36.61±2.48	35.09±6.03	38.61±3.46	37.23±8.85
	มากกว่า 5	35.13±3.07	36.20±2.63	46±18.97	41.63±8.44
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		14.03	11.36	23.51	19.97

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 14 น้ำหนักผลกาแฟแห้งในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		น้ำหนัก (ก.) ต่อ 100 ผลกาแฟแห้งในระยะสุกแก่			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	41.61±9.76 [a]	41.18±8.61	47.83±11.48	50.27±10.16 [a]
	วนเกษตร	34.61±6.48 [b]	38.34±7.60	44.28±11.32	42.80±6.49 [b]
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	40.05±10.47 [a]	41.16±8.99	48.52±12.67	48.68±11.05 [a]
	มากกว่า 5	35.86±6.24 [b]	38.14±6.91	43.24±9.36	43.37±4.63 [b]
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	48.03±11.03	43.55±9.77	53.23±12.19	57.21±10.55
	มากกว่า 5	37.61±6.78	39.70±8.13	45.13±10.88	44.48±5.40
วนเกษตร	1 ถึง 5	35.61±7.44	39.82±8.84	46.42±13.00	43.35±7.82
	มากกว่า 5	32.36±3.29	35.02±1.06	39.45±4.11	41.70±3.07
F-Test	รูปแบบ	*	ns	ns	*
	กิ่งหลัก	*	ns	ns	*
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		20.05	20.58	24.55	16.01

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 15 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟสารของผลกาแฟแห้งในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		เมล็ดกาแฟสาร (เปอร์เซ็นต์) ผลกาแฟแห้งในระยะสุกแก่			

		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	60.41±4.30	56.24±5.91	57.52±13.47	59.20±18.43
	วนเกษตร	58.78±8.33	58.54±11.12	55.66±10.68	55.22±15.27
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	60.10±7.50	58.79±10.77	59.86±15.01	56.46±13.71
	มากกว่า 5	59.01±5.51	55.76±5.79	52.77±5.34	58.09±20.27
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	60.21±2.41	53.79±6.41	61.59±21.73	50.84±3.24
	มากกว่า 5	60.54±5.33	57.77±5.43	54.98±4.69	64.43±22.25
วนเกษตร	1 ถึง 5	60.04±9.41	61.57±11.99	58.90±11.28	59.58±16.41
	มากกว่า 5	55.95±5.12	51.73±4.69	48.35±3.78	45.43±5.47
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		11.36	14.80	20.99	28.26

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 16 เปอร์เซ็นต์เปลือกและเนื้อผลกาแฟแห้งในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		เปลือกและเนื้อผลกาแฟแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ในระยะสุกแก่สี			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	39.59±4.30	43.76±5.91	46.02±4.50	48.22±3.77
	วนเกษตร	41.22±8.33	41.46±11.12	44.34±10.68	48.51±7.55
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	39.90±7.50	41.21±10.77	43.22±9.98	46.89±5.78
	มากกว่า 5	41.00±5.51	44.24±5.79	47.23±5.34	50.29±5.82
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	39.79±2.41	46.21±6.41	48.01±3.88	49.16±3.24ab
	มากกว่า 5	39.47±5.33	42.23±5.43	45.02±4.69	47.43±4.29b
วนเกษตร	1 ถึง 5	39.96±9.41	38.43±11.99	41.1±11.28	45.47±6.70b
	มากกว่า 5	44.06±5.12	48.27±4.69	51.65±3.78	54.58±5.47a
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	*
C.V.(%)		16.76	19.93	17.15	11.03

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 17 ความกว้างผลกาแฟแห้งในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ความกว้างผลกาแฟแห้ง (ซม.) ในระยะสุกแก่สี			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	0.96±0.08[a]	0.95±0.12	0.96±0.10	1.01±0.08[a]
	วนเกษตร	0.89±0.06[b]	0.91±0.07	0.93±0.06	0.92±0.06[b]
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	0.93±0.09	0.95±0.10	0.96±0.08	0.96±0.10
	มากกว่า 5	0.92±0.06	0.91±0.10	0.92±0.08	0.97±0.05
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	0.98±0.11	1.02±0.10	1.01±0.12	1.03±0.12
	มากกว่า 5	0.94±0.06	0.91±0.12	0.93±0.08	0.99±0.03
วนเกษตร	1 ถึง 5	0.90±0.07	0.92±0.08	0.94±0.06	0.92±0.06
	มากกว่า 5	0.88±0.05	0.9±0.05	0.91±0.08	0.93±0.06
F-Test	รูปแบบ	*	ns	ns	*
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		7.88	10.04	8.52	7.67

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 18 ความยาวผลกาแฟแห้งในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย	ความยาวผลกาแฟแห้ง (ซม.) ในระยะสุกแก่สี

		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	1.21±0.12	1.21±0.20	1.19±0.19	1.25±0.17
	วนเกษตร	1.22±0.17	1.21±0.17	1.22±0.13	1.19±0.11
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	1.24±0.14	1.26±0.17	1.25±0.15	1.23±0.16
	มากกว่า 5	1.17±0.15	1.15±0.18	1.16±0.16	1.19±0.11
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	1.28±0.09	1.32±0.18	1.30±0.21	1.32±0.19
	มากกว่า 5	1.16±0.12	1.13±0.19	1.13±0.16	1.19±0.13
วนเกษตร	1 ถึง 5	1.22±0.16	1.22±0.17	1.22±0.12	1.18±0.12
	มากกว่า 5	1.20±0.22	1.18±0.19	1.21±0.17	1.20±0.10
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		12.28	14.90	13.10	11.22

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 19 ค่าสี L* ผลกาแฟแห้งในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ค่าสี L* ในระยะสุกแก่สี			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	25.65±3.79	24.15±3.89	22.57±2.6	20.29±1.31
	วนเกษตร	23.42±3.19	23.44±2.98	20.56±2.67	19.94±1.80
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	23.59±3.34	23.17±2.75	21.34±2.60	20.39±1.14
	มากกว่า 5	25.65±3.75	24.53±4.06	21.72±3.06	19.74±1.99
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	24.57±3.34	23.45±2.47	22.83±2.41	20.11±1.31
	มากกว่า 5	26.33±4.11	24.59±4.68	22.44±2.84	20.44±1.42
วนเกษตร	1 ถึง 5	23.04±3.40	23.01±3.03	20.67±2.52	20.57±1.07
	มากกว่า 5	24.28±2.92	24.42±3.04	20.29±3.39	18.69±2.47
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		14.57	14.96	12.80	7.50

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 20 ค่าสี a* ผลกาแฟแห้งในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ค่าสี a* ในระยะสุกแก่สี			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	8.74±1.72[a]	7.85±2.02	6.38±1.32[a]	4.64±1.03
	วนเกษตร	7.13±1.28[b]	7.19±1.08	5.11±1.23[b]	3.77±1.43
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	7.56±1.44	7.43±1.51	5.67±1.12	4.30±1.11
	มากกว่า 5	8.37±1.93	7.63±1.81	5.78±1.71	4.09±1.55
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	8.13±1.30	7.95±2.21	6.24±1.63	4.35±1.22
	มากกว่า 5	9.12±1.92	7.79±2.04	6.45±1.26	4.88±0.89
วนเกษตร	1 ถึง 5	7.25±1.48	7.13±0.99	5.41±0.80	4.26±1.12
	มากกว่า 5	6.86±0.74	7.31±1.43	4.44±1.86	2.91±1.67
F-Test	รูปแบบ	*	ns	*	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		19.33	22.46	22.45	28.47

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 21 ค่าสี b* ผลกาแฟแห้งในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย	ค่าสี b* ในระยะสุกแก่สี

		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	11.36±3.63	9.27±3.13	6.08±2.07	3.57±1.41
	วนเกษตร	8.40±2.50	8.14±2.29	4.37±1.55	3.29±1.09
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	9.07±3.18	8.23±2.19	4.8±1.61	3.53±1.25
	มากกว่า 5	10.82±3.55	9.27±3.3	5.61±2.32	3.29±1.27
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	10.81±3.68	8.82±2.52	5.54±2.10	3.48±1.74
	มากกว่า 5	11.71±3.81	9.55±3.60	6.35±2.15	3.65±1.25
วนเกษตร	1 ถึง 5	8.11±2.61	7.9±2.07	4.48±1.36	3.57±0.96
	มากกว่า 5	9.04±2.44	8.69±2.99	4.14±2.14	2.74±1.25
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		32.60	32.62	36.18	37.35

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

1.5.3 ลักษณะของกาแฟสาร

การปลูกกาแฟเชิงเดี่ยวส่งผลให้กาแฟสารที่ได้จากผลกาแฟในระยะสุกเป็นสีแดงเข้มมีน้ำหนักสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ มีน้ำหนักต่อ 100 เมล็ดเท่ากับ 16.24 กรัม ในขณะที่รูปแบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งแบบเชิงเดี่ยวหรือในร่มเงาไม้ผลในระบบวนเกษตรไม่มีผลน้ำหนักเมล็ดกาแฟสารในระยะผลสุกสีอื่นๆ (ตารางที่ 22) น้ำหนักต่อ 100 เมล็ดของกาแฟในระบบวนเกษตรอุตรดิตถ์นับว่าใกล้เคียงกับน้ำหนักของเมล็ดกาแฟพันธุ์แนะนำให้กับเกษตรกรจังหวัดชุมพรปลูก คือพันธุ์ชุมพร 2 ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อ 100 เมล็ด เท่ากับ 16.2 กรัม (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, มปพ.)

รูปแบบการปลูกกาแฟกลางแจ้งแบบเชิงเดี่ยวหรือในร่มเงาไม้ผลในระบบวนเกษตร หรือการมีปริมาณกิ่งหลักบนต้นแตกต่างกันไม่มีผลกับความยาวและความหนาของเมล็ดกาแฟสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าการปลูกแบบเชิงเดี่ยวกลางแจ้งให้ความกว้างเมล็ดกาแฟสารในระยะที่ผลสุกแก่เป็นสีส้มสูงที่สุด (ตารางที่ 23 ถึง 25)

การปลูกและการไว้กิ่งหลักไม่มีผลกับค่าสี L* a* และ b* ของเมล็ดกาแฟสารในทุกระยะการสุกแก่ ดังแสดงในตารางที่ 26 ถึง 28

การปลูกและการไว้กิ่งหลักไม่มีผลกับปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟสารในทุกระยะการสุกแก่ ทั้งนี้มีแนวโน้มว่ากาแฟที่ปลูกในรูปแบบวนเกษตร หรือ มีปริมาณกิ่งหลักไม่เกิน 5 กิ่ง มีปริมาณคาเฟอีนมากกว่าทั้งในระยะที่ผลแก่สีเขียวและเปลี่ยนเป็นสีแดง ดังแสดงในตารางที่ 29

ตารางที่ 22 น้ำหนักกาแฟสารในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		น้ำหนัก (ก.) ต่อ 100 เมล็ดกาแฟสารในระยะสุกแก่			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	18.24±10.1	14.59±3.53	14.70±3.6	16.24±3.95[a]
	วนเกษตร	13.33±3.05	13.21±3.49	13.95±2.63	13.57±2.23[b]
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	15.13±3.31	14.84±3.55	15.07±3.04	15.62±3.82
	มากกว่า 5	16.29±10.64	12.8±3.28	13.48±3.05	14.25±3.01
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	17.03±3.30	15.74±4.04	16.63±2.87	17.86±4.32
	มากกว่า 5	18.85±12.43	13.87±3.25	13.73±3.69	15.08±3.52
วนเกษตร	1 ถึง 5	14.29±3.12	14.34±3.40	14.38±3.00	14.02±2.67
	มากกว่า 5	11.18±1.58	10.64±2.33	12.97±1.37	12.8±1.03
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	*
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		48.16	24.15	21.45	21.39

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 23 ความกว้างเมล็ดกาแฟสารในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ความกว้างเมล็ด (ซม.) ในระยะสุกแก่			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	0.61±0.08	0.62±0.08[a]	0.63±0.07	0.63±0.08
	วนเกษตร	0.58±0.06	0.57±0.04[b]	0.6±0.05	0.59±0.04
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	0.62±0.08	0.60±0.07	0.62±0.06	0.62±0.05
	มากกว่า 5	0.57±0.07	0.59±0.07	0.61±0.06	0.61±0.07
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	0.66±0.07	0.65±0.07	0.66±0.04	0.65±0.05
	มากกว่า 5	0.58±0.08	0.61±0.08	0.62±0.08	0.61±0.09
วนเกษตร	1 ถึง 5	0.59±0.07	0.57±0.05	0.60±0.06	0.59±0.04

	มากกว่า 5	0.57±0.03	0.56±0.02	0.58±0.01	0.60±0.03
F-Test	รูปแบบ	ns	*	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		11.71	10.51	10.00	9.92

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 24 ความยาวเมล็ดกาแฟสารในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ความยาวเมล็ด (ซม.) ในระยะสุกแก่			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	0.77±0.13	0.79±0.11	0.80±0.11	0.78±0.12
	วนเกษตร	0.76±0.09	0.77±0.09	0.80±0.09	0.80±0.07
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	0.78±0.12	0.80±0.10	0.83±0.10	0.81±0.09
	มากกว่า 5	0.75±0.10	0.76±0.11	0.77±0.09	0.76±0.10
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	0.81±0.15	0.85±0.06	0.86±0.09	0.84±0.10
	มากกว่า 5	0.75±0.12	0.76±0.12	0.77±0.11	0.74±0.12
วนเกษตร	1 ถึง 5	0.77±0.11	0.78±0.10	0.81±0.10	0.79±0.09
	มากกว่า 5	0.76±0.06	0.76±0.08	0.78±0.05	0.81±0.02
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns

C.V.(%)		15.36	12.92	12.35	12.16

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 25 ความหนาเมล็ดกาแฟสารในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ความหนาเมล็ด (ซม.) ในระยะสุกแก่			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	0.40±0.05	0.41±0.04	0.42±0.06	0.42±0.04
	วนเกษตร	0.39±0.07	0.37±0.05	0.39±0.05	0.39±0.04
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	0.41±0.07	0.39±0.05	0.41±0.06	0.41±0.05
	มากกว่า 5	0.38±0.04	0.39±0.05	0.40±0.05	0.41±0.04
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	0.43±0.05	0.42±0.03	0.44±0.04	0.43±0.04
	มากกว่า 5	0.38±0.05	0.40±0.05	0.41±0.06	0.42±0.04
วนเกษตร	1 ถึง 5	0.40±0.08	0.37±0.06	0.40±0.06	0.40±0.05
	มากกว่า 5	0.37±0.03	0.38±0.04	0.39±0.02	0.39±0.02
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		15.67	12.19	13.96	10.35

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 26 ค่าสี L* กาแฟสารในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ค่าสี L* ในระยะสุกแก่สี			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	37.95±4.47	37.56±6.53	40.11±4.90	39.21±4.65
	วนเกษตร	36.53±4.85	37.66±4.45	37.91±3.61	38.30±4.46
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	35.96±4.84	36.76±4.21	37.84±2.87	38.21±3.52
	มากกว่า 5	38.74±4.06	38.59±6.71	40.18±5.38	39.40±5.51
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	35.39±4.14	36.38±3.74	38.25±1.79	38.39±1.53
	มากกว่า 5	39.55±4.11	38.3±7.96	41.04±5.78	39.79±6.09
วนเกษตร	1 ถึง 5	36.27±5.40	36.98±4.66	37.66±3.32	38.10±4.46
	มากกว่า 5	37.12±3.95	39.18±4.09	38.47±4.70	38.72±5.12
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		12.37	15.25	11.18	12.23

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 27 ค่าสี a* กาแฟสารในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ค่าสี a* ในระยะสุกแก่สี			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	3.29±0.84	4.44±1.73	4.43±0.82	4.41±0.96
	วนเกษตร	3.89±2.63	5.13±2.64	4.67±1.27	4.41±1.14
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	4.03±2.54	4.96±2.66	4.52±1.27	4.66±0.79
	มากกว่า 5	3.07±0.60	4.58±1.63	4.60±0.84	4.12±1.23
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	3.63±1.28	4.15±1.43	4.08±0.30	4.55±0.82
	มากกว่า 5	3.08±0.37	4.63±1.96	4.61±0.95	4.32±1.10
วนเกษตร	1 ถึง 5	4.26±3.09	5.42±3.14	4.71±1.50	4.73±0.82
	มากกว่า 5	3.05±1.01	4.49±0.85	4.58±0.70	3.76±1.53
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		55.34	47.96	24.39	23.63

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 28 ค่าสี b* กาแฟสารในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		ค่าสี b* ในระยะสุกแก่สี			
		ผลสีเขียว	ผลสีส้ม	ผลสีแดง	ผลสีแดงเข้ม
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	13.76±2.88	14.74±3.42	16.05±3.57	15.52±3.31
	วนเกษตร	14.02±3.73	15.14±2.70	15.20±2.82	15.83±2.36
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	13.37±3.92	14.51±3.01	14.95±2.99	15.42±2.46
	มากกว่า 5	14.56±2.24	15.44±3.10	16.31±3.32	15.97±3.29
A x B					
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	12.20±2.93	13.58±2.60	14.08±2.64	14.18±2.25
	มากกว่า 5	14.87±2.46	15.46±3.83	17.03±3.71	16.48±3.75
วนเกษตร	1 ถึง 5	14.02±4.40	15.02±3.25	15.34±3.20	16.20±2.38
	มากกว่า 5	14.02±2.02	15.40±0.95	14.88±2.08	15.07±2.47
F-Test	รูปแบบ	ns	ns	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)		24.20	21.02	20.36	18.20

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 29 ปริมาณคาเฟอีนของกาแฟสารในระยะสุกแก่ต่างๆ ที่มีรูปแบบการปลูกและการไว้กิ่งหลักต่างกัน

ปัจจัย		คาเฟอีนในระยะผลสุกแก่ (มก./กก.)	
		สีเขียว	สีแดง
รูปแบบ (A)	เชิงเดี่ยว	16,048.29±2,533.80	15,234.39±2,578.62
	วนเกษตร	16,442.59±2,697.74	15,399.24±2,600.16
กิ่งหลัก (B)	1 ถึง 5	17,115.60±2,089.02	16,026.06±2,445.80
	มากกว่า 5	15,309.57±2,701.12	14,607.57±2,504.05
A x B			
เชิงเดี่ยว	1 ถึง 5	16,746.83±578.89	15,668.28±1,083.13
	มากกว่า 5	15,524.39±3,429.72	14,908.98±3,490.99
วนเกษตร	1 ถึง 5	17,484.37±3,188.57	16,294.40±3,310.25
	มากกว่า 5	14,879.93±798.44	14,205.69±326.15

F-Test	รูปแบบ	ns	ns
	กิ่งหลัก	ns	ns
	รูปแบบ*กิ่งหลัก	ns	ns
C.V.(%)		16.45	17.52

ns = ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

กิจกรรมที่ 2 การจัดการธาตุอาหารพืชโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรต่อผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดกาแฟในระบบวนเกษตร จังหวัดอุตรดิตถ์

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษารูปแบบการผลิตกาแฟคุณภาพในระบบวนเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางด้านธาตุอาหารหลักของพืชในปุ๋ยอินทรีย์จากกระบวนการหมักโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

การศึกษานี้อ้างอิงวิธีการผลิตจากหนังสือเทคโนโลยีปุ๋ย (ภูมิศักดิ์, 2555) โดยผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่น โดยวิธีการหมักแบบไม่กลับกอง ประกอบด้วยวัสดุหลัก เช่น เปลือกกาแฟ กากตะกอนอ้อย มูลวัว รำข้าว กากน้ำตาล ปุ๋ยไนโตรเจน และสารเร่ง พด. 1 ทำการศึกษา และบันทึกข้อมูลต่างๆ ดังนี้

2.1.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติ ของธาตุอาหารพืชในวัสดุที่ใช้ในการหมักปุ๋ยอินทรีย์

ผลจากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักใน วัสดุที่ใช้ในกระบวนการหมักปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า วัสดุที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงที่สุด ได้แก่ เปลือกกาแฟ, รำข้าว, มูลวัว, กากตะกอนอ้อย ตามลำดับ ดังนี้ 3.21, 1.90, 1.73 และ 1.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ วัสดุที่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสูงที่สุด ได้แก่ รำข้าว, มูลวัว, เปลือกกาแฟ และ กากตะกอนอ้อย ตามลำดับ ดังนี้ 4.5, 1.76, 1.64 และ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ วัสดุที่มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุดได้แก่ เปลือกกาแฟ, รำข้าว, กากตะกอนอ้อย และ มูลวัว ตามลำดับ ดังนี้ 2.60, 1.09, 0.66 และ 0.43 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังตารางที่ 30

จากผลการศึกษาสังเกตเห็นได้ว่าคุณสมบัติทางด้านธาตุอาหารหลักของเปลือกกาแฟมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ค่อนข้างสูง เนื่องจากกรรมวิธีในการผลิตกาแฟของเกษตรกรหรือผู้รับซื้อในจังหวัดอุตรดิตถ์ส่วนใหญ่นิยมทำการตากผลให้แห้ง แล้วจึงทำการขัดสีเป็นกาแฟสาร เปลือกกาแฟซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือทิ้งยังคงเหลือปริมาณธาตุอาหารหลักเป็นจำนวนมากและมีปริมาณน้ำตาลในเปลือกมาก ดังนั้นเมื่อนำเปลือกกาแฟมาหมักปุ๋ยจะทำให้มีสารอาหารหรือน้ำตาลเพียงพอต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ต่อไปให้ให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้สมบูรณ์ และใช้ระยะเวลาในการหมักสั้นลง ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าสัดส่วนไนโตรเจนต่อคาร์บอน (C/N Ratio)

การหมักปุ๋ยในสภาพที่มีอากาศ (Aerobic composting) เป็นวิธีที่ต้องการกลับกองปุ๋ยโดยพลิกกองปุ๋ยทุก 10-15 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศทำงานได้ดี สามารถย่อยสลายอินทรียวัตถุได้เร็วยิ่งขึ้น และเป็นการลดปริมาณของความร้อนภายในกองปุ๋ยให้อากาศถ่ายเทผ่านเข้าไปในกองปุ๋ยได้สะดวก นอกจากนี้ควรจะรดน้ำให้แก่กองปุ๋ยด้วย ถ้ารดน้ำจนแฉะเกินไปทำให้มีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้นได้ เพราะกองปุ๋ยจะกลายเป็นสภาพที่ไม่มีอากาศ

ดังนั้นการผลิตปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งจากภาคการเกษตร และภาคโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร จะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการกำจัดของเหลือทิ้งที่มีประโยชน์ในแง่ของการปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อลดต้นทุนการผลิตทางด้านการเกษตร

ตารางที่ 30 ธาตุอาหารของเปลือกกาแฟและกากตะกอนอ้อย

วัสดุที่ใช้ในการหมักปุ๋ย	ปริมาณธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)		
	N	P	K
เปลือกกาแฟ	3.21	1.64	2.60
กากตะกอนอ้อย	1.10	0.14	0.66
มูลวัว	1.73	1.76	0.43
รำข้าว	1.9	4.5	1.09

ที่มา : เอกสารเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ชุดความรู้และเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน

2.1.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิภายนอก และ อุณหภูมิภายในของกองปุ๋ยหมัก

จากการศึกษาปัญหาจากการใช้ปุ๋ยของเกษตรกร พบว่า กระบวนการหมักเป็นไปโดยสมบูรณ์ เนื่องจากมีการทำงานของจุลินทรีย์ที่ดี ทำให้ย่อยวัสดุที่ใช้ในการหมักได้เร็วขึ้น สังเกตจากอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักที่สูงขึ้นอันเนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ปลดปล่อยพลังงานจากวัสดุที่ใช้การหมัก เช่น เปลือกกาแฟจะมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อยสลายมากว่าวัสดุที่ใช้หมักปุ๋ยเช่น กากาตะกอนอ้อย เกษตรกรสามารถทำเช่นเดียวนี้ได้ โดยอาศัยปัจจัยต่างๆที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น น้ำฝน จุลินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตในดินขนาดเล็กตามธรรมชาติมาช่วยย่อยสลาย

อย่างไรก็ตามเพื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์ที่หมักเกิดการย่อยสลายสมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อโรคพืช และเพื่อป้องกันการดูดธาตุอาหารพืชในดินไปใช้ในกระบานการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ให้วัดอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมัก เพื่อดูกระบวนการย่อยสลายเบื้องต้น ทั้งนี้กระบวนการหมักดังกล่าวใช้เวลาในการย่อยสลายประมาณ 45 วัน จึงจะสามารถนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตนี้ไปใช้ได้ในการทดลองขั้นต่อไปได้ แสดงให้เห็นว่าในช่วงเดือน กรกฎาคม – กันยายน อุณหภูมิภายในกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิสูงกว่าข้างนอกเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ใช้ย่อยสลายนั้นมีมากประกอบกับวัสดุที่มีค่า C/N Ratio ต่ำง่ายต่อการย่อยสลายจึงใช้ระยะเวลาในการหมักค่อนข้างสั้น ดังแสดงในภาพที่ 9

2.1.3 การวิเคราะห์ค่า EC และ ค่า pH และปริมาณธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมในกองปุ๋ยหมัก 15, 30 และ 45 วันหลังจากผ่านกระบวนการหมัก

ผลการวิเคราะห์ของปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟหลังจากทำกระบวนการหมัก ดังนี้ ระยะเวลา 15 วัน หลังกระบวนการหมัก วัสดุมีลักษณะเป็นเปลือกกาแฟที่ยังไม่ถูกย่อยสลายมีสีน้ำตาลดำมีความชื้นค่อนข้างสูง เนื้อเปลือกมีลักษณะหยาบ มีฤทธิ์เป็นด่างคือมีค่า pH 8.2 ระยะเวลา 30 วัน หลังกระบวนการหมัก มีลักษณะเป็นเปลือกกาแฟกำลังถูกย่อยสลายมีสีเทาปนดำมีความชื้นต่ำมีราขึ้น เกิดการย่อยสลายในระดับหนึ่ง เนื้อเปลือกมีลักษณะกรอบ มีฤทธิ์เป็นกลางคือมีค่า pH อยู่ที่ 7.6 ระยะเวลา 45 วัน หลังกระบวนการหมัก เปลือกกาแฟที่ถูกย่อยสลายมีสีดำเข้มมีความชื้นต่ำราหายไป เนื้อเปลือกมีลักษณะอ่อนนุ่ม มีฤทธิ์เป็นกลางคือมีค่า pH อยู่ที่ 7.6

ผลการวิเคราะห์ของปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนอ้อยหลังจากทำกระบวนการหมัก ดังนี้ระยะเวลา 15 วัน หลังกระบวนการหมัก วัสดุมีลักษณะคล้ายดินมีกลิ่นเหม็นยังไม่ถูกย่อยสลายมีสีน้ำตาลเข้มมีความชื้นค่อนข้างสูง เนื้อมีลักษณะเหนียว มีฤทธิ์เป็นด่างคือมีค่า pH 8.1 ระยะเวลา 30 วัน หลังกระบวนการหมัก วัสดุมีลักษณะ คล้ายดินกลิ่นเหม็นลดลงมีสีน้ำตาลเข้มมีความชื้นค่อนข้างสูง เกิดการย่อยสลายในระดับหนึ่ง เนื้อที่ลักษณะเหนียวดูยุ่ยขึ้น มีฤทธิ์เป็นกลางคือมีค่า pH อยู่ที่ 7.0 ระยะเวลา 45 วัน หลังกระบวนการหมัก วัสดุมีลักษณะ คล้ายดินไม่มีกลิ่นเหม็นมีสีน้ำตาลอ่อนมีความชื้นอยู่ในระดับหนึ่ง เนื้อมีลักษณะยุ่ยและอ่อนนุ่มเหมือนดิน มีฤทธิ์เป็นกลางคือมีค่า pH อยู่ที่ 7.4 ซึ่งหลังจากผ่านกระบวนการหมักแล้ว ปริมาณธาตุอาหารของกากตะกอนอ้อยนั้นลดลง

การวัดความเค็มตามมาตรฐานของ U.S. Salinity Laboratory Staff 1954 เมื่อวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC) ได้ไม่เกิน 2 ds/m จะไม่มีอันตรายต่อพืช แต่เมื่อความเค็มของดินวัดได้ประมาณ 2-4 ds/m จะมีเกลืออยู่ประมาณ 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลต่อพืชที่ไม่ทนเค็ม เมื่อความเค็มสูงกว่านี้ (>4 ds/m) จะเริ่มเป็นอันตรายต่อพืช จึงไม่มีความเหมาะสมในการที่จะนำไปใช้ปรับปรุงดิน ตามดัชนีมาตรฐานคุณภาพความเค็มของปุ๋ยหมัก 10 ซึ่งมีค่า EC อยู่ระหว่าง 0-2.0 ds/m หรือปริมาณเกลือ 0.0 - 0.1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตามดัชนีบ่งบอกว่าปุ๋ยหมักมีคุณภาพดีมาก เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการเกษตรในระยะเวลาการหมักที่ 45 วัน

ดังนั้นปุ๋ยหมักที่ดีควรมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 35-50 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าปุ๋ยหมักที่มีปริมาณของอินทรียวัตถุสูงกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ก็จะแสดงว่าอินทรียวัตถุนั้นจะยังมีการย่อยสลายต่อไป ทำให้เกิดความร้อนและการตรึงธาตุอาหารสูงบางชนิด (immobilization) เป็นการชั่วคราว ทำให้เป็นปัญหาต่อการเจริญเติบโตของพืช และหากปริมาณของอินทรียวัตถุต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ ก็แสดงว่ามีสิ่งเจือปนมาก หรือถูกย่อยสลายหมดไปจึงไม่ควรนำไปใช้เป็นปุ๋ยหมัก หรือเป็นปุ๋ยหมักด้อยคุณภาพ ดังนั้นจึงกำหนดดัชนีคุณภาพความเหมาะสมของปุ๋ยหมักที่ระดับอินทรียวัตถุต่างๆ พบว่าปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟ และปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนอ้อยมีปริมาณอินทรียวัตถุที่เหมาะสม คือ 24 และ 20.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟ 15, 30 และ45 วัน หลังจากผ่านกระบวนการหมัก

รายการ	การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ หลังการหมัก 15, 30 และ 45 วัน					
	ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟ			ปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนอ้อย		
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	15 วัน	30 วัน	45 วัน
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) : Unit	8.2	7.6	7.6	8.1	7.0	7.4
ค่าการนำไฟฟ้า (EC) : dS/cm	0.78	1.07	1.01	0.96	2.44	1.20
อินทรียวัตถุ (OM) :%	24.60	18.40	24.00	23.80	23.40	20.20
ไนโตรเจน (N) :%	1.23	0.92	1.20	1.19	1.17	1.01
ฟอสฟอรัส (P) :%	0.05	0.09	1.00	0.17	2.68	0.23
โพแทสเซียม (K) :%	1.08	0.96	1.03	0.81	0.89	0.55

หมายเหตุ : วิธีการวิเคราะห์

1. ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ทดสอบโดยใช้เครื่องมือ ตัวอย่างน้ำ; 1:5 / pH meter
2. ค่าความเป็นกรดด่าง (EC) ทดสอบโดยใช้เครื่องมือ ตัวอย่างน้ำ; 1:5 / Ec meter
3. อินทรียวัตถุ (OM), ไนโตรเจน (N) ทดสอบโดยใช้เครื่องมือ Walkley and Black
4. ฟอสฟอรัส (P) ทดสอบโดยใช้เครื่องมือ Bray II Method
5. โพแทสเซียม (K) ทดสอบโดยใช้เครื่องมือ Digestion / FAAS

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะทางกายภาพในช่วงระหว่างการหมักของ
ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟ (ซ้าย) และกากตะกอนอ้อย (ขวา)

ภาพที่ 10 แสดงลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยหมักที่พร้อมนำไปใช้ใส่ต้นกาแฟ

การทดลองที่ 2.2 ผลการจัดการปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และปูนทางการเกษตร ร่วมกับการคลุมดิน ต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของกาแฟพันธุ์โรบัสต้าในจังหวัดอุตรดิตถ์

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยแบบผสมผสานทางด้าน Action research เพื่อเปรียบเทียบผลของการจัดการปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และปูนทางการเกษตรร่วมกับการคลุมดิน ต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของกาแฟพันธุ์โรบัสต้าในจังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่าผลการเจริญเติบโต และผลผลิตของกาแฟพันธุ์โรบัสต้าที่ปลูกในระบบวนเกษตร ที่ได้รับอิทธิพลจากการจัดการปุ๋ย และการคลุมดินที่แตกต่างกัน มีการตอบสนองต่อพืชทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนี้

2.2.1 การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

จากผลการทดลองการใช้ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี วัสดุคลุมดิน และปูนทางการเกษตร มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นกาแฟ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่มีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูงมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ กรรมวิธีที่ 10, กรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 6 ตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตดังนี้ 8.118, 6.383 และ 2.052 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

กรรมวิธี	ความสูงของต้นกาแฟ			อัตราการเจริญเติบโต (หน่วย : เปอร์เซ็นต์)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
กรรมวิธี 1	242.6abcd	243.67bcd	244.00bc	0.577
กรรมวิธี 2	250.67abc	251.67bcd	266.67ab	6.383
กรรมวิธี 3	233.33bcd	233.67cd	234.67bc	0.574
กรรมวิธี 4	200.67d	201.67d	202.67c	0.997

กรรมวิธี 5	223.67bcd	224.67bc	225.67bc	0.894
กรรมวิธี 6	292.33a	296.33a	298.33a	2.052
กรรมวิธี 7	236.00bcd	237.00bc	237.67bc	0.708
กรรมวิธี 8	263.67abc	264.67ab	265.67ab	0.759
กรรมวิธี 9	218.33cd	219.00cd	220.00bc	0.765
กรรมวิธี 10	271.00ab	283.33a	293.00a	8.118
F-test	*	**	**	
% CV	12.04	11.95	11.62	

หมายเหตุ *,** มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 %

2.2.2 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้นของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

จากผลการทดลองการใช้ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี วัสดุคลุมดิน และปูนทางการเกษตร มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของต้นกาแฟ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่มีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้นมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ กรรมวิธีที่ 2, กรรมวิธีที่ 9 และกรรมวิธีที่ 7 ตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตดังนี้ 0.983, 0.882 และ 0.764 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 33

ตารางที่ 33 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้นของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

กรรมวิธี	ขนาดลำต้นของต้นกาแฟ			อัตราการเจริญเติบโต (หน่วย : เปอร์เซ็นต์)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
กรรมวิธี 1	2.8800	2.8933	2.9000	0.694
กรรมวิธี 2	3.0533	3.0700	3.0833	0.983
กรรมวิธี 3	2.6033	2.6067	2.6200	0.641
กรรมวิธี 4	3.2900	3.2900	2.9667	0.304
กรรมวิธี 5	3.3733	3.3767	3.3000	0.593
กรรมวิธี 6	3.1233	3.1300	3.1400	0.535
กรรมวิธี 7	3.1900	3.1900	3.2033	0.417
กรรมวิธี 8	2.6167	2.6167	2.6367	0.764
กรรมวิธี 9	3.4000	3.4067	3.4300	0.882
กรรมวิธี 10	2.8667	2.8667	2.8833	0.579
F-test	ns	ns	ns	
% CV	20.41	20.23	19.85	

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

2.2.3 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดทรงพุ่มของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

จากผลการทดลองการใช้ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี วัสดุคลุมดิน และปูนทางการเกษตร มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตทางด้านขนาดทรงพุ่มของต้นกาแฟ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่มีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านขนาดทรงพุ่มมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ กรรมวิธีที่ 5, กรรมวิธีที่ 9 และกรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตดังนี้ 4.11, 4.01 และ 3.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 34

ตารางที่ 34 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดทรงพุ่มของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

กรรมวิธี	ทรงพุ่มของของต้นกาแฟ			อัตราการเจริญเติบโต
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	(หน่วย : เปอร์เซ็นต์)
กรรมวิธี 1	197.00	202.00	203.67	3.39
กรรมวิธี 2	180.67	182.33	185.00	2.40
กรรมวิธี 3	172.33	175.67	177.67	3.10
กรรมวิธี 4	179.67	181.33	183.00	1.85
กรรมวิธี 5	202.67	208.33	211.00	4.11
กรรมวิธี 6	179.67	181.33	183.00	1.85
กรรมวิธี 7	188.67	190.00	194.33	3.00
กรรมวิธี 8	174.00	175.00	178.33	2.49
กรรมวิธี 9	174.67	178.33	181.67	4.01
กรรมวิธี 10	216.67	217.33	220.33	1.69
F-test	ns	ns	ns	
% CV	15.29	15.19	15.23	

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

2.2.4 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

จากผลการทดลองการใช้ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี วัสดุคลุมดิน และปูนทางการเกษตร ต่อปริมาณของคลอโรฟิลล์ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99% ค่าเฉลี่ยในช่วงที่ทำการทดลองของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ กรรมวิธีที่ 7, กรรมวิธีที่ 8 และ กรรมวิธีที่ 9 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณค่าคลอโรฟิลล์เฉลี่ย 64.83, 63.01 และ 60.63 Unit ตามลำดับ ดังตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

กรรมวิธี	ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	หน่วย : Unit

กรรมวิธี 1	47.200b	59.667a	57.267cd	54.71
กรรมวิธี 2	60.400ab	56.033ab	62.100abc	59.51
กรรมวิธี 3	54.633ab	51.667abc	56.333cd	54.21
กรรมวิธี 4	64.700a	54.267abc	59.133bcd	59.37
กรรมวิธี 5	56.567ab	44.300c	52.800de	51.22
กรรมวิธี 6	47.833b	44.700bc	47.233e	46.59
กรรมวิธี 7	69.133a	58.267a	67.100a	64.83
กรรมวิธี 8	64.333a	55.667abc	69.033a	63.01
กรรมวิธี 9	58.667ab	57.800a	65.433ab	60.63
กรรมวิธี 10	53.000ab	58.333a	62.267abc	57.87
F-test	ns	ns	**	
% CV	16.47	12.74	6.95	

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

2.2.5 ปริมาณความชื้นในดินหลังจากการทดลองของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

จากผลการทดลองการใช้ ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี วัสดุคลุมดิน และ ปูนทางการเกษตร ต่อปริมาณความชื้นในดินหลังจากการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ค่าเฉลี่ยในช่วงที่ทำการทดลองของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นในดินหลังจากการทดลองสูงที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ กรรวิธีที่ 6, กรรมวิธีที่ 9 และ กรรมวิธีที่ 4 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณค่าความชื้นในดินหลังจากการทดลองดังนี้ 17.49 , 16.78 และ 16.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 36

ตารางที่ 36 ปริมาณความชื้นในดินหลังจากการทดลองของต้นกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

กรรมวิธี	ความชื้นในดิน หลังจากการทดลอง (หน่วย : เปอร์เซ็นต์)
กรรมวิธี 1 ไม่ใส่ปุ๋ย(ควบคุม)	13.58b
กรรมวิธี 2 ไม่ใส่ปุ๋ย(ควบคุม) และคลุมดิน อัตรา 3 กก./ต้น	15.80ab
กรรมวิธี 3 ปุ๋ยหมักจากตะกอนอ้อย อัตรา 1.5 กก./ต้น	14.90b
กรรมวิธี 4 ปุ๋ยหมักจากตะกอนอ้อย อัตรา 1.5 กก./ต้น คลุมดิน 3กก./ต้น	16.23ab
กรรมวิธี 5 ปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟ อัตรา 1.5 กก./ต้น	13.70b

กรรมวิธี 6 ปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟ อัตรา 1.5 กก./ต้น คลุมดิน 3 กก./ต้น	17.49a
กรรมวิธี 7 ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 1.5 กก./ต้น	13.88
กรรมวิธี 8 ปุ๋ยเคมี สูตร15-15-15 อัตรา 1.5 กก./ต้น คลุมดิน 3 กก./ต้น	13.51b
กรรมวิธี 9 ใส่ปูนทางการเกษตร อัตรา 1.5 กก./ต้น	16.78ab
กรรมวิธี 10 ใส่ปูนทางการเกษตร อัตรา 1.5 กก./ต้น คลุมดิน 3 กก./ต้น	14.70b
เฉลี่ย	15.06
F- Test	*
% CV	25.20

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2.2.6 อัตราการสุกแก่ของผลกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

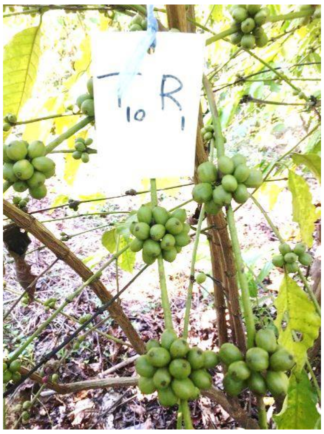
อัตราการสุกแก่ของผลกาแฟ ณ วันที่ทำการบันทึกจะอยู่ในช่วงเวลาเริ่มต้นของฤดูกาลเก็บเกี่ยวช่วงเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 พบว่าอัตราการสุกแก่ของผลนั้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ 99% โดยกรรมวิธีที่มีอัตราการสุกของผลเร็วที่สุดในช่วงต้นฤดูการเก็บเกี่ยว และอัตราการสุกแก่ของผลมากที่สุด ได้แก่ กรรมวิธีที่ 6 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟ ร่วมกับการคลุมโคนต้น มีอัตราผลสุกต่อต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ สูงสุดถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีที่มีอัตราผลดิบมากที่สุด ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ควบคุม มีอัตราผลดิบสูงสุดเฉลี่ย 98.33 เปอร์เซ็นต์ และอัตราผลสุกเพียง 1.67 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 อัตราการสุกแก่ของผลกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

กรรมวิธี	อัตราการสุกแก่ของผลกาแฟพันธุ์โรบัสต้า (หน่วย : เปอร์เซ็นต์)	
	อัตราผลสุก/ต้น	อัตราผลดิบ/ต้น
กรรมวิธี 1	1.67b	98.33a
กรรมวิธี 2	63.33ab	36.67ab
กรรมวิธี 3	3.33b	96.67a
กรรมวิธี 4	33.33ab	66.67ab
กรรมวิธี 5	3.33b	96.67a
กรรมวิธี 6	70.00a	30.00b
กรรมวิธี 7	26.67ab	73.33ab
กรรมวิธี 8	23.33ab	76.67ab
กรรมวิธี 9	11.67ab	88.33ab
กรรมวิธี 10	3.33b	96.67a
เฉลี่ย	24.00	76.00

F-test	**	**
% CV	13.7	13.7

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%



ภาพที่ 11 แสดงการสุกแก่ของผลกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

ภาพผลกาแฟยังไม่สุกแก่ (ซ้าย) ภาพผลกาแฟที่สุกแก่แล้วพร้อมรอการเก็บเกี่ยวผลผลิต (ขวา)

2.2.7 ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของกาแฟโรบัสต้า

จากการบันทึกผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของกาแฟโรบัสต้า พบว่า ขนาดของผลในแต่ละกรรมวิธีทางด้านความกว้างของผลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติขนาดความกว้างของผลทั้งหมดมีขนาดเฉลี่ย 11.20 มิลลิเมตร แต่พบว่าความยาวเฉลี่ยของผลมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยพบว่ากรรมวิธีที่มีความยาวเฉลี่ยของผลมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ กรรมวิธีที่ 6 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกกาแฟร่วมกับการคลุมดินมีขนาดความยาวของผลเฉลี่ยเท่ากับ 18.33 มิลลิเมตร, กรรมวิธีที่ 8 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ร่วมกับการคลุมดินมีขนาดความยาวของผลเฉลี่ยเท่ากับ 17.00 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 38

น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล จากการสุ่มบันทึกน้ำหนักเฉลี่ยต่อผล โดยเลือกทำการสุ่มวัดน้ำหนักจำนวน 30 ผลต่อกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อผลมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ กรรมวิธีที่ 6, กรรมวิธีที่ 8 และ กรรมวิธีที่ 3 ซึ่งมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อผลเท่ากับ 1.867, 1.567 และ 1.467 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 38

น้ำหนักเฉลี่ย 100 ผล จากการสุ่มบันทึกน้ำหนักเฉลี่ย 100 ผล โดยเลือกทำการสุ่มวัดจากผลผลิตผลิตทั้งหมดต่อต้นต่อกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 100 ผลมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ กรรมวิธีที่ 6, กรรมวิธีที่ 8 และ กรรมวิธีที่ 3 ซึ่งมีค่าน้ำหนักเฉลี่ยต่อผลเท่ากับ 165.20, 118.20 และ 117.73 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 38

ตารางที่ 38 ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของกาแฟโรบัสต้า

กรรมวิธี	ผลผลิต และคุณภาพผลผลิต

	ความกว้างเฉลี่ยของผล (มม.)	ความยาวเฉลี่ยของผล (มม.)	น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล (ก.)	น้ำหนักเฉลี่ย 100 ผล (ก.)
กรรมวิธี 1	11.00ab	13.00b	0.833gh	92.87e
กรรมวิธี 2	10.67b	13.67b	0.767h	96.67e
กรรมวิธี 3	11.33ab	14.33b	1.467bc	117.73bc
กรรมวิธี 4	11.33ab	14.00b	1.167def	113.77c
กรรมวิธี 5	12.00a	13.67b	1.267cde	103.13d
กรรมวิธี 6	12.00a	18.33a	1.867a	165.20a
กรรมวิธี 7	10.67b	12.33b	1.067ef	92.87e
กรรมวิธี 8	11.33ab	17.00a	1.567b	118.20b
กรรมวิธี 9	10.67b	13.00b	1.033fg	85.50f
กรรมวิธี 10	11.00ab	14.00b	1.300cd	96.73e
เฉลี่ย	11.20	14.33	1.233	108.27
F-test	ns	**	**	**
% CV	5.64	7.53	9.59	2.28

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะทางกายภาพของต้นกาแฟโรบัสต้าที่ผลผลิตสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยว

ภาพที่ 13 แสดงลักษณะทางกายภาพของขนาดเผลกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

2.2.8 เปอร์เซ็นชีวมวล (Biomass) ในผลกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

ผลการประเมินค่าชีวมวล (Biomass) ในผลกาแฟโดยใช้วิธีการอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 24 – 48 ชั่วโมง พบว่ากรรมวิธีที่มีค่าชีวมวลหรือเปอร์เซ็นต์สัดส่วนน้ำหนักของเนื้อพืชแห้งสูง ได้แก่ กรรมวิธีที่ 6 ปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟ อัตรา 1.5 กก./ต้น ร่วมกับการคลุมดิน 3 กก./ต้น ให้สัดส่วนค่าชีวมวลสูงสุด 13.30 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ 3 ปุ๋ยหมักจากตะกอนอ้อย อัตรา 1.5 กก./ต้น ที่ให้สัดส่วนค่าชีวมวล 13.14 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างกับกรรมวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังตารางที่ 39

น้ำหนักแห้งของพืชเป็นผลผลิตที่พืชสร้างขึ้นจากการสังเคราะห์แสง อัตราสร้างน้ำหนักแห้งของพืชขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ใบ เมื่อพื้นที่ใบและดรรชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์ใบที่จะรับแสงและสร้างน้ำหนักแห้งของพืชเพิ่มขึ้น (Brougham, 1965;Watson, 1958 และ Weber, 1965) น้ำหนักแห้งจึงเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งเพื่อพิจารณาว่าผลผลิตของมีมากน้อยเพียงใด ในบางกรณีพืชจะสามารถสร้างน้ำหนักแห้งได้มากแต่ผลผลิตของผลต่ำ เนื่องจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สะสมไว้ในลำต้นไม่ได้เคลื่อนย้ายไปในเมล็ด ซึ่งเป็นผลผลิตโดยตรงของพืช การที่จะมีน้ำหนักแห้งสูงแต่เพียงอย่างเดียวย่อมไม่ทำให้ผลผลิตสูงเสมอไป สัดส่วนของน้ำหนักแห้งที่พืชสร้างขึ้นจะเคลื่อนย้ายไปสะสมในเมล็ด เรียกว่า Harvest index(HI) (อภิพรรณ, 2522)

สรุปได้ว่า พืชสามารถสร้างผลผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis Process) และกระบวนการดูดธาตุอาหารของพืช แล้วใช้เปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากสิ่งแวดล้อมให้กลายเป็นคาร์โบไฮเดรต เป็นค่าที่นิยมใช้ในการวัดการเจริญเติบโต และพัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชปลูก การสะสมน้ำหนักแห้งของพืชเป็นผลมาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis : Pn) การหายใจ (Respiration :Res) การเคลื่อนย้าย (Translocation :Tran) และการตาย (Dead) ของต้นพืช

ตารางที่ 39 เปอร์เซ็นต์ชีวมวล (Biomass) ในผลกาแฟพันธุ์โรบัสต้า

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ ชีวมวลของผลกาแฟ (หน่วย : เปอร์เซ็นต์)
กรรมวิธี 1 ไม่ใส่ปุ๋ย(ควบคุม)	9.92bc
กรรมวิธี 2 ไม่ใส่ปุ๋ย(ควบคุม) และคลุมดิน อัตรา 3 กก./ต้น	11.91ab
กรรมวิธี 3 ปุ๋ยหมักจากตะกอนอ้อย อัตรา 1.5 กก./ต้น	13.14a

กรรมวิธี 4 ปุ๋ยหมักจากตะกอนอ้อย อัตรา 1.5 กก./ต้น คลุมดิน 3กก./ต้น	11.35ab
กรรมวิธี 5 ปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟ อัตรา 1.5 กก./ต้น	4.22d
กรรมวิธี 6 ปุ๋ยหมักจากเปลือกกาแฟ อัตรา 1.5 กก./ต้น คลุมดิน 3 กก./ต้น	13.30a
กรรมวิธี 7 ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 1.5 กก./ต้น	8.48c
กรรมวิธี 8 ปุ๋ยเคมี สูตร15-15-15 อัตรา 1.5 กก./ต้น คลุมดิน 3 กก./ต้น	11.76ab
กรรมวิธี 9 ใส่ปูนทางการเกษตร อัตรา 1.5 กก./ต้น	10.52abc
กรรมวิธี 10 ใส่ปูนทางการเกษตร อัตรา 1.5 กก./ต้น คลุมดิน 3 กก./ต้น	11.25ab
เฉลี่ย	10.59
F-test	**
% CV	14.10

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น

กิจกรรมที่ 3 การศึกษารูปแบบการจัดการเพื่อลดความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อศึกษารูปแบบการจัดการเพื่อลดความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ

การทดลองที่ 3.1 ผลการศึกษารูปแบบการจัดการเพื่อลดความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวผลกาแฟแห้ง

3.1.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของผลกาแฟแห้งที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

เมื่อเก็บผลกาแฟสดที่มีสีแดงหรือแดงปนส้มจากต้นมาศึกษากรรมวิธีการลอยและไม่ลอยน้ำก่อนตากแห้ง ร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์หลังการตากแห้งบนพื้นซีเมนต์จนมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 13 จากนั้นนำมาเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน สุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ด้านค่าสี L* a* b* และค่า water activity ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 40 ถึง 43

ผลการวิเคราะห์ค่าสี L* พบว่ากรรมวิธีการจัดการผลกาแฟสดก่อนตากแห้งและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อคุณภาพผลกาแฟแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือน โดยในเดือนที่ 0 ของการเก็บรักษาพบว่าผลกาแฟแห้งที่ผ่านกรรมวิธีการปฏิบัติด้วยวิธีลอยน้ำและไม่ลอยน้ำก่อนตากแห้งและบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ถุงโพลีโพรพิลีน (Prolypropylene) หรือถุงร้อนเป็นชั้นในและชั้นนอกเป็นกระสอบพลาสติก ค่าสี L* ของผลกาแฟแห้งสูงมากกว่าในบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กระสอบป่านและกระสอบพลาสติก โดยผลกาแฟที่ไม่ผ่านการลอยน้ำและลอยน้ำแล้วบรรจุในกระสอบพลาสติกร่วมกับถุงโพลีโพรพิลีน มีค่าสี L * เท่ากับ 25.01 ± 0.08 และ 25.06 ± 0.35 ตามลำดับ ขณะที่การใช้บรรจุภัณฑ์เป็นกระสอบป่านมีค่าสี L* ต่ำ

กว่า โดยมีค่าเท่ากับ 23.55 ± 0.07 ในผลกาแฟที่ไม่ลอยน้ำ และผลกาแฟที่ลอยน้ำมีค่าเท่ากับ 23.78 ± 0.14 ตามลำดับ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กระสอบพลาสติกร่วมกับถุงโพลีโพรพิลีนสามารถป้องกันและลดการผ่านของแสงไปยังผลิตภัณฑ์ที่เก็บในถุงได้ดีกว่ากระสอบป่านซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุนจึงสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่า และมีแนวโน้มว่าเมื่อเก็บผลกาแฟแห้งไว้เป็นเวลานานค่าสี L* มีแนวโน้มลดลงในทุกกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้เก็บรักษา ส่งผลให้ผลกาแฟแห้งที่เก็บรักษาไว้นานจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโดยจะมีแนวโน้มมีสีคล้ำลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น

ผลการวิเคราะห์ค่าสี a* พบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อคุณภาพผลกาแฟแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 3 และลดลงในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษาทุกกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ โดยในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษา ผลกาแฟที่ลอยน้ำก่อนตากบรรจุกระสอบพลาสติกให้ค่าสี a* สูงที่สุด เท่ากับ 5.25 ± 0.07 ส่งผลให้มีสีน้ำตาลแดงมากกว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์อื่นๆ ขณะที่ผลกาแฟที่ไม่ลอยน้ำในบรรจุภัณฑ์กระสอบป่าน กระสอบพลาสติก และกระสอบพลาสติกร่วมกับถุงโพลีโพรพิลีนมีค่าสี a* ในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษาต่ำกว่าและไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 3.87 ± 0.22 3.68 ± 0.17 และ 4.10 ± 0.17 ตามลำดับ ดังนั้นผลกาแฟแห้งโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีไม่ลอยผลในน้ำก่อนตากในบรรจุภัณฑ์ที่กล่าวข้างต้นจึงมีสีแดงอ่อนกว่าเมล็ดกาแฟที่ผ่านกรรมวิธีลอยผลในน้ำ และค่าสี a* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 3 และเริ่มลดลงในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษาผลกาแฟที่ผ่านกรรมวิธีลอยผลและไม่ลอยผลในน้ำก่อนตากในบรรจุภัณฑ์กระสอบป่านมีค่าสี a* สูงที่สุดและไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 6.12 ± 0.47 และ 6.17 ± 0.64 ตามลำดับ และลดลงเป็น 4.39 ± 0.30 และ 2.26 ± 0.30 ตามลำดับ ในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา สอดคล้องกับปริมาณค่า aw ที่พบว่ามีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.72 ในผลกาแฟที่ผ่านกรรมวิธีลอยผลบรรจุภัณฑ์กระสอบป่าน โดยผลกาแฟที่ใช้บรรจุภัณฑ์กระสอบป่านกรรมวิธีลอยผลก่อนตากมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* มากที่สุดในระยะเวลา 6 เดือนของการเก็บรักษา รองลงมาเป็นกรรมวิธีไม่ลอยผลในบรรจุภัณฑ์เดียวกัน เนื่องจากกระสอบป่านมีลักษณะเป็นรูพรุนจึงยอมให้ความชื้นจากภายนอกเข้าและออกได้อย่างรวดเร็ว โดยในช่วงฤดูฝน ส่งผลให้ผลกาแฟที่ใช้บรรจุภัณฑ์ดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงของสีมากกว่าบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกและกระสอบพลาสติกร่วมกับถุงโพลีโพรพิลีน

ผลการวิเคราะห์ค่าสี b* พบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อคุณภาพผลกาแฟแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในเดือนที่ 3 และ 6 ของการเก็บรักษา โดยค่าสี b* ในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันทุกกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 3 และลดลงในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา โดยกรรมวิธีลอยผลในบรรจุภัณฑ์กระสอบป่านในช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษามีค่าสี b* เท่ากับ 3.96 ± 0.19 เพิ่มขึ้นเป็น 7.07 ± 0.72 ในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา และลดลงเท่ากับ 2.42 ± 0.50 ในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์อื่นๆ เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของค่าสี a* ในระหว่างเก็บรักษา เนื่องจากในเดือนที่ 3 ของการทดลองอยู่ในช่วงฤดูฝน(เดือนมิถุนายน) มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง ทำให้เอนไซม์และจุลินทรีย์ที่ใช้ความชื้นในการเจริญเติบโตทำงานได้ดี ส่งผลต่อคุณภาพด้านค่าสีของผลกาแฟมากกว่าในช่วงเริ่มต้น และช่วงสุดท้ายของการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาค่า a_w ร่วมกับค่า สี L* a* b* ของผลกาแฟตามระยะเวลาการเก็บรักษาจะพบว่าค่าสีของผลกาแฟแห้งมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างสูงในช่วงเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษาซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็นเดือนมิถุนายน และเริ่มเข้าสู่ฤดูฝนความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง โดย a_w ของผลกาแฟแห้งที่บรรจุในกระสอบ

ป่านและกระสอบพลาสติกชั้นเดียวมีค่าสูงถึง 0.6-0.7 จึงมีการเปลี่ยนแปลงด้านค่าสี L* a* b* ของผลกาแฟแห้งอย่างรวดเร็วเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่อาศัยเอนไซม์ ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดได้สูงสุดในช่วง a_w ประมาณ 0.6-0.8 (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) ผลของปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้ปริมาณกรดอะมิโนซึ่งเป็นโปรตีนในผลกาแฟลดลง และอาจส่งผลต่อคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติของเมล็ดกาแฟเมื่อนำคั่วเป็นกาแฟสำเร็จรูปสำหรับใช้บริโภค โดยในบรรจุภัณฑ์กระสอบป่านจะทำให้ผลกาแฟมีการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L* a* b* มากที่สุด รองลงมาเป็นกระสอบพลาสติก และมีการเปลี่ยนแปลงสีของผลกาแฟแห้งน้อยที่สุดในบรรจุภัณฑ์สองชั้นโดยชั้นนอกเป็นกระสอบพลาสติกชั้นในเป็นถุงโพลีโพรพิลีน เนื่องจากถุงโพลีโพรพิลีนมีคุณสมบัติที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของความชื้นและออกซิเจนได้ดี (Man & Jones, 2000) เช่นเดียวกับค่า a_w ที่พบว่าบรรจุภัณฑ์สองชั้นซึ่งใช้กรรมวิธีไม่ลอยน้ำและลอยน้ำ มีค่า a_w ต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.54 ± 0.01 และ 0.57± 0.03 ตามลำดับ สอดคล้องกับในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษาที่พบว่าผลกาแฟที่ใช้กรรมวิธีไม่ลอยน้ำและลอยน้ำในบรรจุภัณฑ์สองชั้นนั้นยังคงมีค่า a_w ต่ำกว่าการใช้กระสอบป่านและกระสอบพลาสติก ($p<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.49 ± 0.02 และ 0.50 ± 0.01 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่า a_w มีแนวโน้มลดลงทุกกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์เนื่องจากในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษากันยายนเป็นช่วงปลายฤดูฝนความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าในช่วงเดือนมิถุนายน ส่งผลให้การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์เกิดได้ช้ากว่าในช่วงเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา การเปลี่ยนแปลงของสีผลกาแฟจึงเกิดขึ้นได้น้อยกว่าในช่วงเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษา สอดคล้องกับ Tripetch & Borompichaichartkul (2019) ที่รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีของเมล็ดกาแฟอาราบิก้ามีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำในอาหาร

ตารางที่ 40 ผลการวิเคราะห์ค่าสี L* ของผลกาแฟแห้งที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	ค่าสี L* ของผลกาแฟแห้ง		
		เดือนที่ 0	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ไม่ลอยผล	กระสอบป่าน	23.55 ± 0.07^{e}	22.55 ± 1.26^{b}	22.23 ± 0.01^{c}
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก	24.46 ± 0.54^{bc}	23.11 ± 0.51^{b}	23.07 ± 0.18^{a}
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	25.01 ± 0.08^{ab}	23.60 ± 0.35^{ab}	22.88 ± 0.04^{ab}
ลอยผล	กระสอบป่าน	23.78 ± 0.14^{de}	25.10 ± 0.84^{a}	22.68 ± 0.11^{b}
ลอยผล	กระสอบพลาสติก	24.27 ± 0.07^{cd}	22.34 ± 0.38^{b}	21.49 ± 0.05^{d}
ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	25.06 ± 0.35^{a}	23.63 ± 1.0^{ab}	22.85 ± 0.16^{ab}

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ค่าสี a* ของผลกาแฟแห้งที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	ค่าสี a* ของผลกาแฟแห้ง		
		เดือนที่ 0	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ไม่ลอยผล	กระสอบป่าน	3.87 ± 0.22^{cd}	6.12 ± 0.47^{a}	4.39 ± 0.30^{a}

ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก	3.68 ± 0.17[d]	5.30 ± 0.79[ab]	4.40 ± 0.18[a]
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	4.10 ± 0.17[c]	4.92 ± 0.48[b]	3.90 ± 0.08[b]
ลอยผล	กระสอบป่าน	4.53 ± 0.30[b]	6.17 ± 0.64[a]	2.26 ± 0.30[d]
ลอยผล	กระสอบพลาสติก	5.25 ± 0.07[a]	5.25 ± 0.27[ab]	2.90 ± 0.17[c]
ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	4.71 ± 0.12[b]	5.25 ± 0.32[ab]	4.60 ± 0.26[a]

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ค่าสี b* ของผลกาแฟแห้งที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	ค่าสี b* ของผลกาแฟแห้ง		
		เดือนที่ 0[ns]	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ไม่ลอยผล	กระสอบป่าน	3.52 ± 0.75	6.02 ± 0.45[b]	2.97 ± 0.16[b]
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก	3.27 ± 0.66	6.05 ± 0.10[b]	4.05 ± 0.15[a]
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	3.48 ± 0.58	4.52 ± 0.39[c]	3.66 ± 0.26[a]
ลอยผล	กระสอบป่าน	3.96 ± 0.19	7.07 ± 0.72[a]	2.42 ± 0.50[b]
ลอยผล	กระสอบพลาสติก	3.69 ± 0.32	6.05 ± 0.37[b]	2.63 ± 0.12[b]
ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	3.79 ± 0.27	4.49 ± 0.31[c]	4.29 ± 0.58[a]

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

ตารางที่ 43 ผลการวิเคราะห์ค่า water activity (a_w) ของผลกาแฟแห้งที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	water activity		
		เดือนที่ 0	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ไม่ลอยผล	กระสอบป่าน	0.46 ± 0.01[b]	0.66± 0.01[b]	0.59 ± 0.01[a]
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก	0.49 ± 0.01[a]	0.66 ± 0.01[b]	0.60 ± 0.01[a]
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	0.41 ± 0.01[c]	0.54 ± 0.01[c]	0.49 ± 0.02[b]
ลอยผล	กระสอบป่าน	0.48 ± 0.00[ab]	0.72 ± 0.02[a]	0.62 ± 0.02[a]
ลอยผล	กระสอบพลาสติก	0.46 ± 0.01[b]	0.68 ± 0.03[ab]	0.62 ± 0.01[a]
ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	0.40 ± 0.01[c]	0.57± 0.03[c]	0.50 ± 0.01[b]

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

3.1.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลกาแฟแห้งที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลกาแฟแห้งดังตารางที่ 44-46 ได้ผลการทดลองดังนี้

ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อค่าความชื้นในผลกาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือน โดยพบว่าความชื้นในผลกาแฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 3 ของการเก็บรักษาและลดลงในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษาโดยพบว่าบรรจุภัณฑ์ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นโดยเฉพาะในกระสอบป่านและกระสอบพลาสติกเนื่องจากมีรูพรุนทำให้ความชื้นสามารถผ่านเข้าออกได้ ดังนั้นผลกาแฟที่ใช้กรรมวิธีไม่ลอยผลก่อนตากแห้งแล้วบรรจุในกระสอบป่านช่วงเริ่มต้นของการเก็บรักษามีปริมาณความชื้นเท่ากับเร้อยละ 8.11 ± 0.29 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.82 ± 0.20 ในเดือนที่ 3 ในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษาลดลงเป็นร้อยละ 6.23 ± 0.69 อย่างไรก็ตามผลกาแฟโรบัสต้าแห้งที่ผ่านการลอยน้ำและไม่ลอยน้ำก่อนตากแห้งแล้วเก็บในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบ สามารถเก็บรักษาไว้ได้ที่อุณหภูมิห้องนานไม่น้อยกว่า 6 เดือน เนื่องจากมีปริมาณความชื้นในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษาอยู่ในช่วงร้อยละ 6.75-9.82 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในมาตราฐาน มกษ.5700-2552 ที่ระบุว่าเมล็ดกาแฟโรบัสต้ามีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12.5

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่ามีความสอดคล้องกับค่า a_w และค่าสี L a* b* ซึ่งพบว่าผลกาแฟโรบัสต้าแห้งที่ใช้กระสอบป่านเป็นบรรจุภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลกาแฟมากที่สุด รองลงมาเป็นกระสอบพลาสติก และกระสอบพลาสติกร่วมกับถุงโพรลีโพรพิลีนที่พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า a_w น้อยกว่าบรรจุภัณฑ์อื่นๆ ทั้งในผลกาแฟที่ผ่านกรรมวิธีการลอยผลในน้ำและไม่ลอยผลในน้ำก่อนตากแห้ง

เมื่อพิจารณาสารโอคราทอกซินในผลกาแฟแห้งที่เก็บไว้นาน 6 เดือน พบว่ากรรมวิธีการจัดการและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อปริมาณสารโอคราทอกซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ในผลกาแฟที่ไม่ผ่านการลอยน้ำตากแห้งก่อนเก็บในบรรจุภัณฑ์กระสอบป่านและกระสอบพลาสติกมีค่าเท่ากับ 5.70±1.63 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ 4.10±1.91 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในประกาศ มกษ.5700-2552 ที่ระบุว่าสารโอคราทอกซินเอสามารถปนเปื้อนในเมล็ดกาแฟโรบัสต้าได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัม/กรัม และตรวจไม่พบสารโอคราทอกซินในกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์อื่นๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือน เนื่องจากสารโอคราทอกซินเป็นสารพิษที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ อาจเป็นสาเหตุของเนื้องอกและมะเร็งในไตของมนุษย์ได้ ซึ่ง Buchell et al. (1998) ได้รายงานว่าในเมล็ดกาแฟดิบพันธุ์โรบัสต้าจากไร่กาแฟ 9 แห่ง พบการปนเปื้อนของสารโอคราทอกซินเฉลี่ย 1.4-51.6 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (สิทธิพร ชมพูรัตน์และคณะ, 2549)

เมื่อพิจารณาสารคาเฟอีนในผลกาแฟแห้งที่เก็บไว้นาน 6 เดือน พบว่ากรรมวิธีการจัดการและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อปริมาณสารคาเฟอีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าผลกาแฟแห้งที่ผ่านกรรมวิธีการลอยน้ำที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกร่วมกับถุงโพรลีโพรพิลีน มีปริมาณคาเฟอีนสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 1.54 ± 0.02 ขณะที่กรรมวิธีการจัดการและบรรจุภัณฑ์รูปแบบอื่นๆ มีปริมาณคาเฟอีนในปริมาณที่ต่ำกว่าและไม่แตกต่างกันโดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.33-1.46 ขณะที่ Kouadio et.al (2014) ได้รายงานว่าปริมาณคาเฟอีนในผลกาแฟแห้งสายพันธุ์โรบัสต้าเท่ากับร้อยละ 2.53-2.55 ซึ่งสูงกว่าที่พบในเมล็ดกาแฟโร

บัสต้าของอุตรดิตถ์ ทั้งนี้ปัจจัยด้านสายพันธุ์ ปัจจัยการผลิต สภาพอากาศ และการดูแลของเกษตรกรล้วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟ

ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของผลกาแฟแห้งที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	ความชื้น (ร้อยละ)		
		เดือนที่ 0	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ไม่ลอยผล	กระสอบป่าน	8.11 ± 0.29^{b}	9.82 ± 0.20^{a}	6.23 ± 0.69^{a}
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก	7.71 ± 0.18^{c}	9.03 ± 0.29^{c}	5.96 ± 0.26^{a}
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	6.80 ± 0.13^{d}	6.76 ± 0.20^{d}	4.80 ± 0.14^{b}
ลอยผล	กระสอบป่าน	8.46 ± 0.18^{a}	9.33 ± 0.24^{bc}	4.86 ± 0.58^{b}
ลอยผล	กระสอบพลาสติก	7.83 ± 0.06^{bc}	9.68 ± 0.21^{ab}	6.55 ± 0.11^{a}
ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	6.80 ± 0.10^{d}	6.75 ± 0.07^{d}	4.48 ± 0.12^{b}

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 45 ผลการวิเคราะห์สารโอคราทอกซินของผลกาแฟแห้งที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	สารโอคราทอกซิน (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)		
		เดือนที่ 0	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ไม่ลอยผล	กระสอบป่าน	-	-	5.70±1.63
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก	-	-	4.10±1.91
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	-	-	ไม่พบ
ลอยผล	กระสอบป่าน	-	-	ไม่พบ
ลอยผล	กระสอบพลาสติก	-	-	ไม่พบ
ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	-	-	ไม่พบ

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 46 ผลการวิเคราะห์สารคาเฟอีนของผลกาแฟแห้งที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

		คาเฟอีน (ร้อยละ)

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	เดือนที่ 0	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ไม่ลอยผล	กระสอบป่าน	-	-	1.45 ± 0.02[b]
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก	-	-	1.33 ± 0.02[c]
ไม่ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	-	-	1.46 ± 0.00[b]
ลอยผล	กระสอบป่าน	-	-	1.45 ± 0.01[b]
ลอยผล	กระสอบพลาสติก	-	-	1.44 ± 0.01[b]
ลอยผล	กระสอบพลาสติก+PP bag	-	-	1.54 ± 0.02[a]

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

การทดลองที่ 3.2 การศึกษารูปแบบการจัดการเพื่อลดความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟโรบัสต้า

3.2.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของเมล็ดกาแฟสารโรบัสต้า

1) ผลการวิเคราะห์คุณภาพค่าสี L* a* และ b* ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน

เมื่อนำกาแฟโรบัสต้าที่ผ่านกรรมวิธีการตากแห้งให้ความชื้นต่ำกว่า ร้อยละ 13 จากนั้นนำมาศึกษากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน นำไปศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพ ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 47-49 และภาพที่ 4.1-4.2

ผลการวิเคราะห์ค่าสี L* พบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อคุณภาพเมล็ดกาแฟโรบัสต้า ในเดือนที่ 3 และ 6 ของการเก็บรักษา โดย เมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ผ่านกรรมวิธีอบแห้งด้วยความร้อนก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกมีค่าสี L* สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างจากบรรจุภัณฑ์สุญญากาศที่ผ่านกรรมวิธีเดียวกัน และกรรมวิธีใช้ความเย็น อย่างไรก็ตามเมล็ดกาแฟที่ผ่านกรรมวิธีการตากแห้งเพียงอย่างเดียวในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิดนั้นกลับมีค่าสี L* ต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่งผลให้เมล็ดกาแฟคล้ำมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตามกลับพบว่าเมล็ดกาแฟที่เก็บไว้นานค่าสี L* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ทุกกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษา ดังนั้นกาแฟที่เก็บไว้นานสีของเมล็ดกาแฟจึงมีแนวโน้มที่สีจะซีดลงเมื่อเทียบกับตอนเริ่มต้นของการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาค่าสี a* พบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีผลต่อเมล็ดกาแฟโรบัสต้าในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเมล็ดกาแฟที่ผ่านกรรมวิธีอบแห้งด้วยความร้อน และแช่เย็นก่อนนำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศจะมีค่าสี a* (สีแดง) มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในขณะที่เมล็ดกาแฟที่ผ่านกรรมวิธีการตากแห้งเพียงขั้นตอนเดียวกลับมีค่าสี a* (สีแดง) ต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น เนื่องจากเมล็ดกาแฟไม่ได้ผ่านกรรมวิธีการให้ความร้อนและความเย็น ซึ่งการเพิ่มขั้นตอนของการจัดการโดยเฉพาะการใช้ความร้อนในระหว่างการอบแห้งน้ำตาลรีดิวซิ่งจะทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน และโปรตีน ได้เป็นไกลโคซีนเอมีน และจะเกิดปฏิกิริยาอย่างต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล เรียกว่า ปฏิกิริยาเมลลาร์ดปฏิกิริยา (non-enzymetic browning) ส่งผลให้เมล็ดกาแฟที่ผ่านกรรมวิธีอบด้วยความร้อนจึงมีแนวโน้มเป็นสีน้ำตาลมากยิ่งขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2549) เช่นเดียวกับเมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาไว้นานยิ่งขึ้นนั้นจะมีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลตามระยะเวลาที่นานขึ้นเช่นกัน

เมื่อพิจารณาค่าสี b* พบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีผลต่อเมล็ดกาแฟโรบัสต้าในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษาเช่นเดียวกับค่าสี a* โดยเมล็ดกาแฟที่ผ่านกรรมวิธีอบแห้งด้วยความร้อน และแช่แข็งก่อนบรรจุในบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกจะมีค่าสี b* (สีเหลือง) สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ สอดคล้องกับค่าสี a* ซึ่งเมล็ดกาแฟที่ผ่านกรรมวิธีการตากแห้งเพียงขั้นตอนเดียวในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 2 รูปแบบ จะมีสีเหลืองอ่อนมากกว่ากรรมวิธีอื่น ในขณะที่เมล็ดกาแฟที่ใช้กระสอบพลาสติกมีสีเหลืองเข้มมากกว่าในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ และเมื่อพิจารณาตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นพบว่าสีของเมล็ดกาแฟทุกกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มจะมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 47 ผลการวิเคราะห์ค่าสี L* ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	ค่าสี L*		
		เดือนที่ 0^{ns}	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	41.99 ± 0.40	44.81^{c} ± 0.79	44.69^{b} ± 0.28
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	43.24 ± 0.66	45.64^{c} ± 0.21	45.42^{b} ± 0.33
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	43.58 ± 0.91	48.40^{a} ± 0.25	45.95^{b} ± 0.06
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	43.78 ± 0.19	45.38^{c} ± 0.23	47.15^{a} ± 0.47
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	43.24 ± 0.45	47.05^{b} ± 0.81	47.68^{a} ± 0.24
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	43.25 ± 1.17	47.24^{ab} ± 0.13	47.39^{a} ± 0.25

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

ตารางที่ 48 ผลการวิเคราะห์ค่าสี a* ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธี และบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	ค่าสี a*		
		เดือนที่ 0^{ns}	เดือนที่ 3^{ns}	เดือนที่ 6
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	3.36 ± 0.11	4.71 ± 0.13	4.71 ± 0.13^{bc}
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	3.85 ± 0.65	4.68 ± 0.18	4.67 ± 0.35^{bc}
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	3.83 ± 0.15	4.08 ± 0.08	4.31 ± 0.01^{c}
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	3.52 ± 0.18	5.43 ± 0.31	5.70 ± 0.07^{a}
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	3.22 ± 0.32	5.23 ± 0.28	5.25 ± 0.35^{ab}
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	3.84 ± 0.08	5.16 ± 0.23	5.16 ± 0.23^{ab}

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

ตารางที่ 49 ผลการวิเคราะห์ค่าสี b* ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธี และบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	ค่าสี b*		
		เดือนที่ 0^{ns}	เดือนที่ 3^{ns}	เดือนที่ 6
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	17.14 ± 0.72	19.23 ± 0.07	19.21 ± 0.04^{bc}
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	18.33 ± 0.18	18.88 ± 0.43	19.15 ± 0.42^{bc}
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	18.57 ± 0.49	19.74 ± 0.17	20.04 ± 0.09^{a}
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	18.69 ± 0.08	18.77 ± 0.33	18.90 ± 0.24^{c}
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	18.56 ± 0.66	19.24 ± 0.13	20.17 ± 0.25^{a}
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	18.75 ± 1.07	19.60 ± 0.28	19.69 ± 0.40^{ab}

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

0 เดือน

3 เดือน

6 เดือน

ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าในบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติก ที่ระยะการเก็บรักษานาน 6 เดือน

0 เดือน

3 เดือน

6 เดือน

ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ ที่ระยะการเก็บรักษานาน 6 เดือน

ตารางที่ 50 ผลการวิเคราะห์ค่า water activity (a_w) ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	water activity		
		เดือนที่ 0	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	0.50 ± 0.01^a	0.70 ± 0.01^a	0.60 ± 0.00^a
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	0.49 ± 0.00^a	0.69 ± 0.01^a	0.69 ± 0.00^a
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	0.44 ± 0.01^c	0.52 ± 0.01^c	0.59 ± 0.01^c
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	0.44 ± 0.00^c	0.53 ± 0.01^c	0.46 ± 0.02^d
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	0.46 ± 0.00^b	0.65 ± 0.00^b	0.65 ± 0.01^b
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	0.42 ± 0.00^d	0.65 ± 0.00^b	0.62 ± 0.01^b

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟโรบัสต้า พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษา มีผลต่อค่า a_w ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังตารางที่ 50 โดยกรรมวิธีการตากแห้งให้ค่า a_w สูงที่สุด ในขณะที่กรรมวิธีการใช้ความร้อนมีค่า a_w ต่ำที่สุด และไม่แตกต่างจากกรรมวิธีการใช้ความเย็น เนื่องจากกรรมวิธีการใช้ความร้อนเป็นการอบไล่ความชื้นในเมล็ดกาแฟ ทำให้เมล็ดกาแฟที่ได้มีค่า a_w ต่ำ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีการตากแห้งเพียงขั้นตอนเดียวและเมื่อพิจารณาบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาพบว่าบรรจุภัณฑ์สุญญากาศให้ค่า a_w ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติก โดยในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษาค่า a_w ในทุกกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากช่วงเดือนที่ 3 เป็นช่วงฤดูฝน สภาพอากาศภายนอกมีความชื้นสูงส่งผลให้ค่า a_w สูงขึ้นเช่นเดียวกับเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา

2) ผลการวิเคราะห์ด้านคุณภาพเมล็ดกาแฟโรบัสต้า

จากปัญหาของวิสาหกิจชุมชนผู้ประกอบการการผลิตกาแฟโรบัสต้า ที่ได้จัดเก็บเมล็ดกาแฟโรบัสต้าไว้ในโกดังในบ้าน ในบรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระสอบพลาสติกชั้นเดียว เป็นเวลา 1 ปี ผลจากการสุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์คุณภาพด้านเมล็ดกาแฟ พบว่ามีเมล็ดกาแฟเสียหายเนื่องจากเกิดเชื้อรา มอดและแมลงสูงถึงร้อยละ 30 ภายหลังจากการออกแบบขั้นตอนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว โดยศึกษากรรมวิธีการกำจัดแมลงร่วมกับการใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อลดความเสียหายที่เกิดจากเชื้อราและการกัดแทะของมอดและแมลงต่างๆ โดยการนำเมล็ดกาแฟโรบัสต้ามาศึกษากรรมวิธีการตากแห้ง(ดั้งเดิม) การใช้ความร้อน (อบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง) และการใช้ความเย็น (แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง) ร่วมกับบรรจุภัณฑ์ 2 รูปแบบ ได้แก่ การใช้กระสอบพลาสติก และถุงสุญญากาศ เพื่อศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมสามารถช่วยลดความสูญเสียของเมล็ดกาแฟได้ สุ่มตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพในเดือนที่ 0 3 และ 6 ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเมล็ดตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2556 เพื่อหาจำนวนของเมล็ดดี และข้อบกพร่องที่

ประกอบด้วยจำนวนเมล็ดดำ เมล็ดแตก เมล็ดไม่สมบูรณ์ เมล็ดถูกแมลงทำลาย เมล็ดแห้ง และสิ่งแปลกปลอม ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 51 - 57

คุณภาพของเมล็ดกาแฟดีตามระยะเวลาในการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อคุณภาพด้านร้อยละของเมล็ดดี และเมล็ดที่มีข้อบกพร่องตาม มกษ.5700-2556 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าจำนวนเมล็ดดีของกาแฟโรบัสต้ามีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นทุกกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บเมล็ดกาแฟ ทั้งนี้เมื่อเก็บเมล็ดกาแฟไว้นาน 6 เดือน กรรมวิธีการตากแห้งทำให้จำนวนเมล็ดดีลดลงร้อยละ 4 เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาในระยะเริ่มต้น ขณะที่กรรมวิธีการใช้ความร้อนและความเย็นมีจำนวนเมล็ดดีลดลงเพียงร้อยละ 0.5-1 อย่างไรก็ตามบรรจุภัณฑ์สุญญากาศนั้นจำนวนเมล็ดดีมีแนวโน้มพบสูงกว่าการกระสอบพลาสติกในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟโรบัสต้า เนื่องจากบรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศ ข้อดีด้านการป้องกันการซึมผ่านของอากาศได้ดี ทำให้จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และป้องกันการเสื่อมเสียจากปฏิกิริยาทางเคมีที่ต้องการออกซิเจนในปฏิกิริยา เช่น การหืน เนื่องจากลิพิดออกซิเดชัน การเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ, 2562) ดังนั้นคุณภาพด้านเมล็ดดีของกาแฟโรบัสต้าจึงพบว่ากรรมวิธีการใช้ความร้อนและความเย็นในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดสามารถสร้างคุณภาพด้านเมล็ดดีของกาแฟโรบัสต้าได้ดีกว่ากรรมวิธีการตากแห้งในบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกและสุญญากาศตลอดระยะการเก็บรักษานาน 6 เดือน

ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟโรบัสต้าด้านเมล็ดดำ ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีผลทำให้จำนวนเมล็ดดำเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บไว้นาน 3 และ 6 เดือน ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาผลของกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีการตากแห้งมีจำนวนเมล็ดดำสูงกว่ากรรมวิธีการใช้ความร้อนและความเย็น โดยพบจำนวนเมล็ดกาแฟดำในบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกมากกว่าบรรจุภัณฑ์สุญญากาศในทุกกรรมวิธีการจัดการ ดังนั้นจึงพบว่าเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีการตากแห้งในบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกและถุงสุญญากาศมีจำนวนเมล็ดดำสูงกว่ากรรมวิธีการใช้ความร้อนและความเย็นที่บรรจุในกระสอบพลาสติกและถุงสุญญากาศตลอดระยะการเก็บรักษานาน 6 เดือน

ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟโรบัสต้าด้านเมล็ดแตก ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ไม่มีผลต่อจำนวนเมล็ดแตกของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ตลอดระยะการเก็บรักษานาน 6 เดือน เนื่องจากจำนวนเมล็ดแตกที่เกิดขึ้นได้มาจากกระบวนการกะเทาะเปลือกออก จึงทำให้เกิดข้อบกพร่องในด้านเมล็ดแตก และเมื่อพิจารณาตามเกณฑ์มาตรฐาน มกษ. 5700-2556 พบได้ไม่เกินร้อยละ 0.5 จะพบว่าทุกกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มีจำนวนเมล็ดแตกเกินกว่าที่ระบุในมาตรฐาน โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.72-1.84 สาเหตุสำคัญเนื่องจากพนักงานสีกาแฟยังไม่มีความชำนาญในการใช้เครื่องขัดสีเปลือก จึงส่งผลให้ตรวจพบจำนวนชิ้นเมล็ดสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน

ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟโรบัสต้าด้านเมล็ดไม่สมบูรณ์ ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบว่าเมล็ดไม่สมบูรณ์ที่พบนั้นเกิดจากเมล็ดกาแฟที่มีลักษณะเหี่ยวย่น ลีบ เบา ไม่ได้มาตรฐาน จึงไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ด้วยเมล็ดกาแฟที่ใช้ในการทดลองนั้นเก็บจากสวนเกษตรกรที่ใช้ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมคือ ส่วนใหญ่ร้อยละ 80 เป็นกาแฟเชอรี่ดิบมีสีแดดทั้งผล และผ่านการลอยน้ำ เมื่อคัดแยกสิ่งปลอมปนจึงพบข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟน้อย และทุกกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมกษ. 5700-2556 เช่นเดียวกับกนก

พร (2561) ที่ได้พบว่าการคัดผลกาแฟสดด้วยสีผิว ผล และการลอยจมนั้นช่วยแยกผลไม่สมบูรณ์และลดจำนวนเมล็ดเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟโรบัสต้าด้านเมล็ดถูกแมลงทำลาย ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดกาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาที่ระยะการเก็บ 0 เดือน พบว่ามีอัตราการเข้าทำลายของแมลงสูงกว่าระยะการเก็บรักษานาน 3 และ 6 เดือน อาจเนื่องมาจากการสุ่มเมล็ดกาแฟก่อนการบรรจุในบรรจุภัณฑ์ปริมาณเมล็ดที่สุ่มตรวจได้มีจำนวนของเมล็ดถูกแมลงทำลายไม่เท่ากันจึงทำให้ ที่ระยะการเก็บรักษา 0 เดือน มีจำนวนแมลงถูกทำลายสูงกว่าระยะการเก็บรักษานาน 3 และ 6 และเมื่อพิจารณากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้พบว่ากรรมวิธีการใช้ความร้อนแล้วบรรจุในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศมีจำนวนเมล็ดถูกแมลงทำลายน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับกรรมวิธีการตากแห้งทั้ง 2 รูปแบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของทิพยาและคณะ (2557) ที่พบว่าการเก็บในบรรจุภัณฑ์พลาสติกและบรรจุภัณฑ์สุญญากาศดีที่สุด เนื่องจากพบการเข้าทำลายของด้วงกาแฟน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และพบปริมาณสารพิษจากเชื้อราต่ำกว่ามาตรฐาน

ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าด้านเมล็ดแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษาและมีแนวโน้มของจำนวนเมล็ดแห้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยพบว่ากรรมวิธีการใช้ความร้อนมีจำนวนเมล็ดแห้งสูงที่สุดรองลงมาคือกรรมวิธีการใช้ความเย็น และกรรมวิธีการตากแห้งตามลำดับ เมื่อพิจารณาบรรจุภัณฑ์ที่ใช้พบว่ากรรมวิธีการใช้ความร้อนร่วมกับถุงสุญญากาศพบจำนวนเมล็ดแห้งสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 1.31 เนื่องจากเมล็ดแห้งที่พบในบรรจุภัณฑ์ได้มาจากกระบวนการกะเทาะเปลือกแล้วเกิดการเหลือรอดและปนมากับเมล็ดกาแฟสารที่ผ่านการกะเทาะเรียบร้อยแล้ว ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครื่องสี อย่างไรก็ตามจำนวนเมล็ดแห้งตามกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษามีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.00-1.31 เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์มาตรฐาน มกษ. 5700-2556 พบว่าจำนวนเมล็ดแห้งในทุกกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ตามระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือนอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐานคือไม่เกินร้อยละ 0.05

ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อข้อบกพร่องด้านสิ่งแปลกปลอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือน ทั้งนี้สิ่งแปลกปลอมเกิดจาก เศษไม้กาแฟ ชิ้นไม้ และเศษดิน ที่ปนมากับเมล็ดกาแฟในระหว่างการเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตามด้วยในงานวิจัยนี้มีการลอยผลกาแฟก่อนนำไปตากแห้ง ส่งผลให้เมล็ดกาแฟสารมีคุณภาพดี จำนวนสิ่งแปลกปลอมจึงพบได้น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในมาตรฐาน มกษ. 5700-2556 ซึ่งระบุว่าเมล็ดกาแฟโรบัสต้ามีสิ่งแปลกปลอมไม่เกินร้อยละ 0.5

ตารางที่ 51 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟ (เมล็ดดี) ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	เมล็ดดี (ร้อยละ)		
		เดือนที่ 0	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6^{ns}
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	$84.74^{b} \pm 3.27$	$82.54^{b} \pm 0.16$	86.69 ± 2.02
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	$85.63^{ab} \pm 0.45$	$83.93^{b} \pm 1.12$	87.03 ± 0.71
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	$87.19^{a} \pm 2.03$	$88.06^{a} \pm 1.06$	88.66 ± 0.83

ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	$87.99^{a} \pm 3.35$	$87.44^{a} \pm 3.70$	87.83 ± 0.96
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	$81.37^{b} \pm 1.09$	$87.22^{a} \pm 0.21$	86.85 ± 0.93
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	$86.00^{ab} \pm 0.46$	$87.04^{a} \pm 0.03$	87.77 ± 0.67

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

ตารางที่ 52 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟ (เมล็ดดำ) ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	เมล็ดดำ (ร้อยละ)		
		เดือนที่ 0^{ns}	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	4.62 ± 0.67	5.87 ± 0.83^{a}	6.77 ± 0.01^{a}
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	4.52 ± 0.70	6.10 ± 0.32^{a}	6.40 ± 0.22^{a}
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	3.81 ± 0.87	4.50 ± 0.24^{ab}	4.90 ± 0.20^{b}
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	3.20 ± 0.19	3.50 ± 0.63^{b}	3.60 ± 0.47^{b}
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	3.68 ± 1.28	4.02 ± 0.72^{b}	4.29 ± 0.34^{b}
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	3.58 ± 1.00	3.56 ± 1.07^{b}	4.11 ± 1.26^{b}

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)
ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

ตารางที่ 53 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟ (เมล็ดแตก) ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	เมล็ดแตก (ร้อยละ)		
		เดือนที่ 0^{ns}	เดือนที่ 3^{ns}	เดือนที่ 6^{ns}
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	0.72 ± 0.21	1.19 ± 0.27	1.50 ± 0.17
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	1.47 ± 0.05	0.83 ± 0.46	0.85 ± 0.49
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	1.28 ± 0.28	1.73 ± 1.01	1.84 ± 0.99
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	1.07 ± 0.17	1.06 ± 0.49	1.34 ± 0.63
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	1.93 ± 0.26	1.15 ± 0.33	1.23 ± 0.28
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	0.79 ± 0.01	1.15 ± 0.38	1.15 ± 0.38

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 54 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟ (เมล็ดไม่สมบูรณ์) ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	เมล็ดไม่สมบูรณ์ (ร้อยละ)		
		เดือนที่ 0	เดือนที่ 3^{ns}	เดือนที่ 6^{ns}
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	2.32^{b} ± 0.37	6.55 ± 1.12	5.81 ± 0.47
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	3.28^{b} ± 0.22	5.78 ± 1.36	6.91 ± 1.71
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	1.81^{b} ± 0.25	3.99 ± 0.53	4.93 ± 0.87
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	2.19^{b} ± 1.51	4.87 ± 2.32	5.02 ± 1.06
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	5.90^{a} ± 1.21	5.37 ± 0.30	5.87 ± 0.33
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	2.11^{b} ± 0.82	6.00 ± 0.69	6.70 ± 0.70

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($p<0.05$)

ตารางที่ 55 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟ (เมล็ดถูกแมลงทำลาย) ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธี และบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	เมล็ดถูกแมลงทำลาย (ร้อยละ)		
		เดือนที่ 0^{ns}	เดือนที่ 3^{ns}	เดือนที่ 6^{ns}
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	6.71 ± 1.77	2.98 ± 0.28	2.72 ± 0.83
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	4.63 ± 0.49	2.78 ± 0.54	2.91 ± 0.58
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	4.71 ± 0.34	1.82 ± 0.44	2.23 ± 0.37
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	4.00 ± 1.26	2.21 ± 0.39	2.16 ± 0.31
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	5.74 ± 1.28	1.83 ± 0.52	2.25 ± 0.59
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	5.48 ± 0.95	2.07 ± 1.22	2.14 ± 1.32

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 56 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟ (เมล็ดแห้ง) ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	เมล็ดแห้ง (ร้อยละ)		
		เดือนที่ 0^{ns}	เดือนที่ 3^{ns}	เดือนที่ 6
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	0.13 ± 0.18	0.22 ± 0.13	0.6 ± 0.09^{ab}
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	0.26 ± 0.20	0.22 ± 0.42	0.50 ± 0.11^{b}
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	0.00 ± 0.00	0.06 ± 0.08	0.67 ± 0.49^{ab}
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	0.05 ± 0.07	0.16 ± 0.22	1.31± 0.16^{a}

ความเย็น	กระสอบพลาสติก	0.06 ± 0.08	0.06 ± 0.08	0.98± 0.37^{ab}
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	1.65 ± 0.26	1.10 ± 0.25	0.00 ± 0.00^{c}

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต (p<0.05)

ตารางที่ 57 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องเมล็ดกาแฟ (สิ่งแปลกปลอม) ของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	สิ่งแปลกปลอม (ร้อยละ)		
		เดือนที่ 0^{ns}	เดือนที่ 3^{ns}	เดือนที่ 6^{ns}
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	0.05 ± 0.06	0.04 ± 0.06	0.00 ± 0.00
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	0.00 ± 0.00	0.08 ± 0.11	0.00 ± 0.00
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	0.08 ± 0.11	0.01 ± 0.01	0.04 ± 0.05
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	0.10 ± 0.13	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.05
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	0.10 ± 0.14	0.06 ± 0.01	0.00 ± 0.00
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	0.06 ± 0.08	0.01 ± 0.01	0.00 ± 0.00

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

3.2.2 ผลการวิเคราะห์ด้านเคมีเมล็ดกาแฟโรบัสต้า

เมื่อนำเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 58-60

ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อค่าความชื้นในเมล็ดกาแฟโรบัสต้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือน โดยกรรมวิธีการใช้ความร้อนทั้งบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกและบรรจุภัณฑ์สุญญากาศมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด รองลงคือกรรมวิธีการใช้ความเย็นและการตากแห้งตามลำดับ เมื่อพิจารณาร่วมกันระหว่างกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์จึงพบว่าในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกพบปริมาณความชื้นในกรรมวิธีการใช้ความร้อนน้อยที่สุด เท่ากับร้อยละ 5.70 รองลงมาเป็นบรรจุภัณฑ์สุญญากาศ เท่ากับร้อยละ 6.75 ซึ่งมีปริมาณความชื้นไม่แตกต่างจากกรรมวิธีการตากแห้งในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 7.10 และ 6.83 ตามลำดับ กรรมวิธีการใช้ความเย็นก่อนเก็บในบรรจุภัณฑ์ทั้งสองชนิดให้ปริมาณความชื้นสูงที่สุดและไม่แตกต่างกัน เท่ากับร้อยละ 8.86 และ 8.34 ตามลำดับเนื่องจากการใช้ความเย็นมีขั้นตอนการนำเมล็ดไปแช่แข็งและนำมาผึ่งให้แห้งก่อนบรรจุใส่ถุง ซึ่งไม่ได้มีการอบลมร้อนเพื่อไล่ความชื้นออกส่งผลให้มีค่าความชื้นสูง อย่างไรก็ตามตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือน ปริมาณความชื้นของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าในทุกกรรมวิธีอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน มกษ. 5700-2556 ที่ระบุว่าเมล็ดกาแฟโรบัสต้ามีความชื้นไม่เกินร้อยละ 13

เมื่อพิจารณาสารโอคราทอกซินในเมล็ดกาแฟโรบัสต้าพบสารโอคราทอกซินเอ ในเมล็ดกาแฟที่ใช้กรรมวิธีการตากแห้งในบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติกและถุงสุญญากาศ โดยมีค่าเท่ากับ 4.80±1.27 ไมโครกรัม/กิโลกรัม และ 1.40± 0.28 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในประกาศ มกษ.5700-

2552 ที่ระบุว่าสารโอคราทอกซินเอ สามารถปนเปื้อนในเมล็ดกาแฟโรบัสต้าได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัม/กรัม และตรวจไม่พบในกรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์อื่นๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 6 เดือน อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนสารโอคราทอกซินส่วนใหญ่พบการปนเปื้อนก่อนการบรรจุ เช่นเดียวกับ Bucheli et al. (1998) ที่รายงานว่าสารโอคราทอกซินที่พบในเมล็ดกาแฟดิบส่วนใหญ่มีการปนเปื้อนก่อนการเก็บรักษา ดังนั้นหากมีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนสาร โอคราทอกซินในเมล็ดกาแฟโรบัสต้าได้

เมื่อพิจารณาสารคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่เก็บไว้นาน 6 เดือน พบว่ากรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์มีผลต่อปริมาณสารคาเฟอีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าเมล็ดกาแฟที่ผ่านกรรมวิธีการใช้ความร้อนอบเมล็ดกาแฟในบรรจุภัณฑ์ถุงสุญญากาศ มีปริมาณคาเฟอีนสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 1.61 ± 0.00 รองลงมาเป็นกรรมวิธีการใช้ความเย็น และการตากแห้งในถุงสุญญากาศ ซึ่งมีปริมาณคาเฟอีนเท่ากับร้อยละ 1.58 ± 0.00 และ 1.57±0.01 อย่างไรก็ตามก็ไม่แตกต่างจากขณะที่กรรมวิธีการใช้ความเย็นในกระสอบพลาสติก ซึ่งมีปริมาณคาเฟอีนเท่ากับร้อยละ 1.56±0.00 ขณะที่กรรมวิธีการตากแห้ง และการใช้ความร้อนในบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติก มีปริมาณคาเฟอีนน้อยกว่า โดยมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 1.55 ± 0.01 และ 1.55±0.01 ดังนั้นบรรจุภัณฑ์สุญญากาศจะสามารถรักษาปริมาณคาเฟอีนได้ดีกว่าบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติก

ตารางที่ 58 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน
ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	ความชื้น (ร้อยละ)		
		เดือนที่ 0	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	6.44 ± 0.12^{b}	8.32 ± 0.40^{a}	7.10 ± 0.43^{b}
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	7.49 ± 0.13^{a}	$8..05 \pm 0.17^{ab}$	6.83 ± 1.11^{b}
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	6.66 ± 0.55^{ab}	6.90 ± 0.05^{d}	5.70 ± 0.02^{c}
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	6.56 ± 0.26^{ab}	6.85 ± 0.04^{d}	6.75 ± 0.24^{b}
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	7.48 ± 0.08^{a}	7.83 ± 0.11^{b}	8.86 ± 0.14^{a}
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	6.63 ± 0.60^{ab}	7.46 ± 0.08^{bc}	8.34 ± 0.03^{a}

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 59 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารโอคราทอกซินของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกันในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	สารโอคราทอกซิน (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)		
		เดือนที่ 0	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	-	-	4.80±1.27
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	-	-	1.40±0.28
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	-	-	ไม่พบ
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	-	-	ไม่พบ

ความเย็น	กระสอบพลาสติก	-	-	ไม่พบ
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	-	-	ไม่พบ

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 60 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีนของเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ใช้กรรมวิธีและบรรจุภัณฑ์ที่แตกต่างกัน
ในระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน

กรรมวิธี	บรรจุภัณฑ์	คาเฟอีน (ร้อยละ)		
		เดือนที่ 0	เดือนที่ 3	เดือนที่ 6
ตากแห้ง	กระสอบพลาสติก	-	-	1.55 ± 0.01^{cd}
ตากแห้ง	ถุงสุญญากาศ	-	-	1.57 ± 0.01^{bc}
ความร้อน	กระสอบพลาสติก	-	-	1.55 ± 0.02^{d}
ความร้อน	ถุงสุญญากาศ	-	-	1.61 ± 0.00^{a}
ความเย็น	กระสอบพลาสติก	-	-	1.56 ± 0.00^{bcd}
ความเย็น	ถุงสุญญากาศ	-	-	1.58 ± 0.00^{b}

หมายเหตุ ค่าของข้อมูลในตารางแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรภาษาอังกฤษในแนวตั้งแสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

กิจกรรมที่ 4 การจัดทำคู่มือการผลิตกาแฟคุณภาพในระบบวนเกษตร

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เพื่อสร้างสื่อความรู้การผลิตกาแฟคุณภาพในระบบวนเกษตร

ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือการผลิตกาแฟคุณภาพในระบบวนเกษตร และนำไปใช้ในการอบรมเกษตรกร เรื่อง การผลิตกาแฟคุณภาพในระบบวนเกษตรที่ ต.นางพญา อ.ท่าปลา ต.บ้านด่านนาขาม อ.เมือง และ อ.ลับแล จ.อุตรดิตถ์ พบว่า

4.1 การประเมินการใช้คู่มือประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกาแฟ

4.1.1 ข้อมูลพื้นฐานและความรู้ในการเข้าร่วมอบรมของเกษตรกรอำเภอท่าปลา

ตารางที่ 61 ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟในอำเภอท่าปลา

รายการ	จำนวน (คน) N=18	ร้อยละ
1. เพศ		

1.1 ชาย	5	27.78
1.2 หญิง	13	72.22
2. เป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหรือไม่		
2.2 เป็นสมาชิก	7	38.89
2.2 ไม่เป็นสมาชิก	11	61.11
3. รูปแบบการปลูก		
3.1 เชิงเดี่ยว	1	5.56
3.2 ผสมผสาน	17	94.56
4. รูปแบบการขายของเกษตรกร		
4.1. ดอกกาแฟ	-	-
4.2. ผลสด	16	88.89
4.3. ผลแห้ง	-	-
4.4. อื่น ๆ	2	11.11

ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรที่เข้ารับการอบรม จากตารางที่ 61 พบว่า เกษตรกรในอำเภอท่าปลาส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง ร้อยละ 72.22 เป็นกลุ่มสมาชิกวิสาหกิจชุมชน ร้อยละ 61.11 ซึ่งส่วนใหญ่ปลูกกาแฟในระบบผสมผสาน ร้อยละ 94.56 และรูปแบบการขายจะนิยมขายผลกาแฟสด

เมื่อเกษตรกรได้ประเมินตนเอง จำนวน 18 คน ได้ตอบแบบสอบถามก่อนการอบรมประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับการเข้าร่วมอบรมเรื่องการผลิตกาแฟแล้ว ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามทั้งหมดมาคำนวณหาค่าคะแนนเฉลี่ย โดยคะแนนเฉลี่ยที่ได้จะถูกนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินแบบของ Best (1982 : 182) ดังนี้

น้อยมาก	1.00-1.49	หมายถึง	มีความรู้น้อยมาก
น้อย	1.50-2.49	หมายถึง	มีความรู้น้อย
ปานกลาง	2.50-3.49	หมายถึง	มีความรู้ปานกลาง
ดีมาก	3.50-4.49	หมายถึง	มีความรู้มาก

จากการวิเคราะห์ความรู้ของเกษตรกรตามการประเมินของตนเองก่อนการอบรม ปรากฏผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 62 การประเมินความรู้เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอำเภอท่าปลาก่อนการอบรม

รายการ	μ	ความหมาย

การปลูก การตัดแต่งกิ่ง	2.44	น้อย
การป้องกันมอดในแปลงปลูก	2.11	น้อย
การตรวจคุณภาพดินและแนวทางการให้ปุ๋ยสำหรับกาแฟในระบบวนเกษตร	2.27	น้อย
การเก็บเกี่ยวการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ	2.33	น้อย
ภาพรวม	2.29	น้อย

จากตารางที่ 62 พบว่าเกษตรกรอำเภอท่าปลา มีความรู้เรื่องการผลิตกาแฟในภาพรวมทุกรายการอยู่ในระดับน้อย

เมื่อเกษตรกรเข้ารับการอบรม และให้มีการประเมินความรู้ความเข้าใจการผลิตกาแฟหลังการอบรม ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามทั้งหมดมาคำนวณหา ค่าคะแนนเฉลี่ย โดยคะแนนเฉลี่ยที่ได้จะถูกนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินแบบของ Best (1982 : 182) ดังนี้

น้อยมาก	1.00-1.49	หมายถึง	มีความรู้น้อยมาก
น้อย	1.50-2.49	หมายถึง	มีความรู้น้อย
ปานกลาง	2.50-3.49	หมายถึง	มีความรู้ปานกลาง
ดีมาก	3.50-4.49	หมายถึง	มีความรู้มาก

จากการวิเคราะห์ความรู้ของเกษตรกรตามการประเมินของตนเองหลังรอบรม ปรากฏผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 63 การประเมินความรู้เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอำเภอท่าปลาหลังการอบรม

รายการ	μ	ความหมาย
การปลูก การตัดแต่งกิ่ง	3.72	ดีมาก
การป้องกันมอดในแปลงปลูก	3.50	ดีมาก
การตรวจคุณภาพดินและแนวทางการให้ปุ๋ยสำหรับกาแฟในระบบวนเกษตร	3.83	ดีมาก
การเก็บเกี่ยวการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ	3.61	ดีมาก
ภาพรวม	3.67	ดีมาก

จากตารางที่ 63 พบว่า เกษตรกรอำเภอท่าปลา มีความรู้เรื่องการผลิตกาแฟทั้งห่วงโซ่การผลิตในภาพรวมทุกรายการอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งมากกว่าก่อนได้รับการอบรม

4.1.2 ความพึงพอใจในการใช้หลักสูตร และสื่อในการอบรมของเกษตรกรอำเภอท่าปลา

เกษตรกรประเมินความพึงพอใจในการใช้หลักสูตร จำนวน 18 คน ได้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้หลักสูตรและการรับฟังการอบรมแล้ว ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามทั้งหมดมาคำนวณหา ค่าคะแนนเฉลี่ย โดยคะแนนเฉลี่ยที่ได้จะถูกนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินแบบของ Best (1982 : 182) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย	3.50-4.49	หมายถึง	พึงพอใจมาก
คะแนนเฉลี่ย	2.50-3.49	หมายถึง	พึงพอใจปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.50-2.49	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00-1.49	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของเกษตรกรตามการประเมินของตนเอง ปรากฏผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 64 ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอำเภอท่าปลาในหลักสูตรและสื่อในการอบรม

รายการ	μ	σ	ความหมาย
หลักสูตร			
1. ความน่าสนใจของเนื้อหาในหลักสูตร	3.83	0.740	พึงพอใจมาก
2. เนื้อหาวิชาที่ได้รับการอบรมตรงกับความต้องการและมีความทันสมัยของเกษตรกร	4.28	0.558	พึงพอใจมาก
3. เกษตรกรได้รับการพัฒนาทักษะทางองค์ความรู้ ความสามารถด้านการจัดการกาแฟแบบครบวงจร	4.11	0.458	พึงพอใจมาก
4. เกษตรกรคาดว่าจะนำองค์ความรู้ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับพื้นที่ของตน	3.94	0.404	พึงพอใจมาก
5. กิจกรรมที่จัดเหมาะสมกับความต้องการในการพัฒนาองค์ความรู้เกษตรกร	4.22	0.532	พึงพอใจมาก
6. กิจกรรมในการอบรมกระตุ้นให้เกษตรกรสามารถเกิดทักษะเพื่อพัฒนาตนเองอย่างเหมาะสม	4.26	0.546	พึงพอใจมาก
สื่อ และอุปกรณ์ประกอบการอบรม			
1. สื่อ และเอกสารอบรมมีความชัดเจน มีความน่าสนใจ และเหมาะสม	4.22	0.415	พึงพอใจมาก
2. อุปกรณ์ประกอบการอบรมมีความชัดเจน มีความน่าสนใจและเหมาะสม	4.28	0.447	พึงพอใจมาก
ภาพรวม	4.14	0.598	มาก

จากตารางที่ 64 พบว่า เกษตรกรอำเภอท่าปลา มีความพึงพอใจในการนำหลักสูตรด้านเนื้อหาวิชาที่ได้รับการอบรมตรงกับความต้องการและมีความทันสมัยของเกษตรกร ได้รับการพัฒนาทักษะทางองค์ความรู้ความสามารถด้านการจัดการกาแฟแบบครบวงจร และคาดว่าจะนำองค์ความรู้ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับพื้นที่ของตน กิจกรรมที่จัดเหมาะสมกับความต้องการในการพัฒนาองค์ความรู้เกษตรกร และสามารถกระตุ้นให้เกิดทักษะเพื่อพัฒนาตนเองอย่างเหมาะสม รวมไปถึงสื่อ เอกสาร และอุปกรณ์ประกอบการอบรมภาพรวมอยู่ในระดับมาก

4.1.3 ข้อมูลพื้นฐานและความรู้ในการเข้าร่วมอบรมของเกษตรกรอำเภอเมือง และอำเภอลับแล

ตารางที่ 65 ข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟในอำเภอเมือง และอำเภอลับแล

รายการ	จำนวน (คน) N=7	ร้อยละ

1. เพศ		
1.1 ชาย	2	28.57
1.2 หญิง	5	71.43
2. เป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหรือไม่		
2.2 เป็นสมาชิก	5	71.43
2.2 ไม่เป็นสมาชิก	2	28.57
3. รูปแบบการปลูก		
3.1 เชิงเดี่ยว	-	-
3.2 ผสมผสาน	7	100.00
4. รูปแบบการขายของเกษตรกร		
4.1. ดอกกาแฟ	-	-
4.2. ผลสด	1	14.29
4.3. ผลแห้ง	-	-
4.4. อื่น ๆ	6	85.71

จากตารางที่ 65 พบว่า เกษตรกรในอำเภอเมือง และลับแลส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง ร้อยละ 71.43เป็นกลุ่มสมาชิกวิสาหกิจชุมชน ร้อยละ 71.43 ซึ่งปลูกกาแฟในระบบผสมผสาน ร้อยละ 100 และรูปแบบการขายจะนิยมทั้งขายดอก ผลสด และผลแห้ง

เมื่อเกษตรกรได้ประเมินตนเอง จำนวน 7 คน ได้ตอบแบบสอบถามก่อนการอบรมประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากการเข้าร่วมอบรมเรื่องการผลิตกาแฟแล้ว ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามทั้งหมดมาคำนวณหา ค่าคะแนนเฉลี่ย โดยคะแนนเฉลี่ยที่ได้จะถูกนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินแบบของ Best (1982 : 182) ดังนี้

น้อยมาก	1.00-1.49	หมายถึง	มีความรู้น้อยมาก
น้อย	1.50-2.49	หมายถึง	มีความรู้น้อย
ปานกลาง	2.50-3.49	หมายถึง	มีความรู้ปานกลาง
ดีมาก	3.50-4.49	หมายถึง	มีความรู้มาก

จากการวิเคราะห์ความรู้ของเกษตรกรตามการประเมินของตนเองก่อนการอบรม ปรากฏผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 66 การประเมินความรู้เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอำเภอเมือง และอำเภอลับแลก่อนการอบรม

รายการ	μ	ความหมาย
การปลูก การตัดแต่งกิ่ง	4.14	มาก
การป้องกันมอดในแปลงปลูก	3.85	มาก
การตรวจคุณภาพดินและแนวทางการให้ปุ๋ยสำหรับกาแฟในระบบวนเกษตร	3.14	ปานกลาง
การเก็บเกี่ยวการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ	4.29	มาก

ภาพรวม	3.86	มาก

จากตารางที่ 66 พบว่าเกษตรกรในอำเภอเมือง และลับแล มีความรู้การตรวจคุณภาพดินและแนวทางการให้ปุ๋ยสำหรับกาแฟในระบบวนเกษตรอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งรายการที่เหลือเกษตรกรมีความรู้ในการผลิตกาแฟอยู่ในระดับมาก

เมื่อเกษตรกรได้ประเมินตนเอง จำนวน 7 คน ได้ตอบแบบสอบถามหลังการอบรมประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับการเข้าร่วมอบรมเรื่องการผลิตกาแฟแล้ว ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามทั้งหมดมาคำนวณหาค่าคะแนนเฉลี่ย โดยคะแนนเฉลี่ยที่ได้จะถูกนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินแบบของ Best (1982 : 182) ดังนี้

น้อยมาก	1.00-1.49	หมายถึง	มีความรู้น้อยมาก
น้อย	1.50-2.49	หมายถึง	มีความรู้น้อย
ปานกลาง	2.50-3.49	หมายถึง	มีความรู้ปานกลาง
ดีมาก	3.50-4.49	หมายถึง	มีความรู้มาก

จากการวิเคราะห์ความรู้ของเกษตรกรตามการประเมินของตนเองหลังรอบรม ปรากฏผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 67 การประเมินความรู้เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอำเภอเมือง และอำเภอลับแลหลังการอบรม

รายการ	μ	ความหมาย
การปลูก การตัดแต่งกิ่ง	4.86	มาก
การป้องกันมอดในแปลงปลูก	4.71	มาก
การตรวจคุณภาพดินและแนวทางการให้ปุ๋ยสำหรับกาแฟในระบบวนเกษตร	4.28	มาก
การเก็บเกี่ยวการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ	4.71	มาก
ภาพรวม	4.64	มาก

จากตารางที่ 67 พบว่า เกษตรกรในอำเภอเมือง และลับแล มีความรู้การตรวจคุณภาพดินและแนวทางการให้ปุ๋ยสำหรับกาแฟในระบบวนเกษตรอยู่ในระดับมากขึ้นหลังจากได้รับการอบรม

4.1.4 ความพึงพอใจในการใช้หลักสูตร และสื่อในการอบรมของเกษตรกรอำเภอเมือง และอำเภอ

ลับแล

เมื่อเกษตรกรประเมินความพึงพอใจในการใช้หลักสูตร จำนวน 7 คน ได้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้หลักสูตรและการรับฟังการอบรมแล้ว ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามทั้งหมดมาคำนวณหา

ค่าคะแนนเฉลี่ย โดยคะแนนเฉลี่ยที่ได้จะถูกนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินแบบของ Best (1982 : 182) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.50-5.00	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย	3.50-4.49	หมายถึง	พึงพอใจมาก
คะแนนเฉลี่ย	2.50-3.49	หมายถึง	พึงพอใจปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.50-2.49	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
คะแนนเฉลี่ย	1.00-1.49	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของเกษตรกรตามการประเมินของตนเอง ปรากฏผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 68 ความพึงพอใจของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ อำเภอเมือง และอำเภอลับแลในหลักสูตรและสื่อในการอบรม

รายการ	μ	σ	ความหมาย
หลักสูตร			
1. ความน่าสนใจของเนื้อหาในหลักสูตร	4.86	0.349	พึงพอใจมากที่สุด
2. เนื้อหาวิชาที่ได้รับการอบรมตรงกับความต้องการและมีความทันสมัยของเกษตรกร	4.42	0.494	พึงพอใจมาก
3. เกษตรกรได้รับการพัฒนาทักษะทางองค์ความรู้ ความสามารถด้านการจัดการกาแฟแบบครบวงจร	4.50	0.707	พึงพอใจมากที่สุด
4. เกษตรกรคาดว่าจะนำองค์ความรู้ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับพื้นที่ของตน	5.00	0.000	พึงพอใจมากที่สุด
5. กิจกรรมที่จัดเหมาะสมกับความต้องการในการพัฒนาองค์ความรู้เกษตรกร	4.71	0.451	พึงพอใจมากที่สุด
6. กิจกรรมในการอบรมกระตุ้นให้เกษตรกรสามารถเกิดทักษะเพื่อพัฒนาตนเองอย่างเหมาะสม	4.00	0.434	พึงพอใจมาก
สื่อ เอกสาร และอุปกรณ์ประกอบการอบรม			
1. สื่อ และเอกสารอบรมมีความชัดเจน มีความน่าสนใจ และเหมาะสม	4.71	0.451	พึงพอใจมากที่สุด
2. อุปกรณ์ประกอบการอบรมมีความชัดเจน มีความน่าสนใจและเหมาะสม	4.28	0.447	พึงพอใจมาก
ภาพรวม	4.56	0.429	พึงพอใจมากที่สุด

จากตารางที่ 68 พบว่า เกษตรกรอำเภอเมือง และอำเภอลับแลมีความพึงพอใจในการนำหลักสูตรด้านเนื้อหาวิชาที่ได้รับการอบรมตรงกับความต้องการและมีความทันสมัยของเกษตรกร ได้รับการพัฒนาทักษะทางองค์ความรู้ ความสามารถด้านการจัดการกาแฟแบบครบวงจร และคาดว่าจะนำองค์ความรู้ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับพื้นที่ของตน กิจกรรมที่จัดเหมาะสมกับความต้องการในการพัฒนาองค์ความรู้

เกษตรกร และสามารถกระตุ้นให้เกิดทักษะเพื่อพัฒนาตนเองอย่างเหมาะสม รวมไปถึงสื่อ เอกสาร และอุปกรณ์ประกอบการอบรมภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

4.2 การประเมินการใช้คู่มือการเรียนรู้การผลิตกาแฟโรบัสต้าในระบบวนเกษตรของเกษตรกร

ผลการประเมินคู่มือการเรียนรู้การผลิตกาแฟโรบัสต้าในระบบวนเกษตรโดยเกษตรกร คะแนนเฉลี่ยที่ได้จะถูกนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินแบบของ Best (1982 : 182) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง พึงพอใจมาก
คะแนนเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง พึงพอใจน้อย
คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์คุณภาพคู่มือที่แบ่งเนื้อหาหลักเป็น 4 ด้านที่เป็นองค์ความรู้ที่มีผลกับการผลิตและคุณภาพผลผลิตกาแฟได้แก่ 1) การปลูกเลี้ยงดูแลรักษา และการตัดแต่งกิ่ง 2) การจัดการดินและปุ๋ยกาแฟ 3) การจัดการมอดเจาะผลกาแฟ และ 4) การเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจ ความสมบูรณ์และชัดเจนของเนื้อหามีค่าเฉลี่ย 4.17 มีการเรียบเรียงเนื้อหาเป็นขั้นตอนตามลำดับ มีค่าเฉลี่ย 4.42 เนื้อหามีความทันสมัยและตรงกับสภาพในปัจจุบันมีค่าเฉลี่ย 4.04 และเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ใช้มีค่าเฉลี่ย 4.41 และเกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติตามได้มีค่าเฉลี่ย 4.38 โดยที่ก่อนอ่านเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในระดับ 3.42 และหลังอ่านเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับ 4.39 ซึ่งคู่มือสามารถเพิ่มความรู้ความเข้าใจได้เพิ่มขึ้นถึง 19.40 เปอร์เซ็นต์ สำหรับคุณภาพด้านสื่อสิ่งพิมพ์ของคู่มือการผลิตกาแฟโรบัสต้าในระบบวนเกษตร พบว่ามีความพึงพอใจโดยรวมเท่ากับ 4.44 โดยมีความเหมาะสมของขนาดรูปเล่ม ความเหมาะสมของจำนวนหน้าคู่มือ ความเหมาะสมในการเลือกใช้ชนิด ขนาด สีของตัวอักษร ความสวยงามอยู่ในระดับมาก (ตารางที่ 69 ถึง 70)

ตารางที่ 69 คุณภาพคู่มือการผลิตกาแฟโรบัสต้าในระบบวนเกษตรด้านเนื้อหา

	คุณภาพเนื้อหาด้าน				
	การปลูกเลี้ยงดูแลรักษาและการตัดแต่งกิ่ง	การจัดการดินและปุ๋ยกาแฟ	การจัดการศัตรู : มอดเจาะผลกาแฟ	การเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา	ค่าเฉลี่ย
1.ความสมบูรณ์และชัดเจนของเนื้อหา	4.22	4.00	4.44	4.00	4.17
2.การเรียบเรียงเนื้อหาเป็นขั้นตอน	4.44	4.22	4.56	4.44	4.42
3.ทันสมัยและตรงกับสภาพในปัจจุบัน	3.78	3.71	4.33	4.33	4.04
4.เนื้อหาเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ใช้	4.63	4.33	4.44	4.22	4.41
5.เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติตามได้	4.44	4.11	4.50	4.44	4.38
6.ก่อนอ่านเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในระดับ	3.33	3.33	3.33	3.67	3.42
7.หลังอ่านเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในระดับ	4.33	4.22	4.33	4.67	4.39

8.ความพอใจโดยรวมสำหรับเนื้อหาตอนนี้	4.22	4.22	4.11	4.44	4.25
ค่าเฉลี่ย	4.22	4.00	4.44	4.00	4.17

ตารางที่ 69 คุณภาพคู่มือการผลิตกาแฟโรบัสต้าในระบบวนเกษตรด้านสื่อสิ่งพิมพ์

	คุณภาพด้านสื่อสิ่งพิมพ์
1. ความเหมาะสมของขนาดรูปเล่ม	4.44
2. ความเหมาะสมของจำนวนหน้าคู่มือ	4.11
3. ความเหมาะสมในการเลือกใช้ ชนิด ขนาด สีของตัวอักษร	4.22
4. ความสวยงาม	4.44
5. ความพึงพอใจโดยรวมต่อสื่อสิ่งพิมพ์	4.44
ค่าเฉลี่ย	4.33