b 114636.

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการทำแห้งต่อองค์ประกอบ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลกาแฟ

Effect of drying on composition and antioxidation activity of coffee pulp

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิรมล ปัญญ์บุศยกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุทธิวัลย์ สีทา

งานวิจัยนี้ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2554

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรพงษ์ เทพกรณ์ ที่ให้คำแนะนำด้านการวิเคราะห์ ขอบคุณอาจารย์ ดร. ปิยาภรณ์ เชื่อมชัย-ตระกูล ที่ให้ความอนุเคราะห์และคำแนะนำด้านการวิเคราะห์สถิติในงานวิจัยดังกล่าว นางสาวชุติมณฑน์ พลอยประดับ นางสาวไพลิน มาลัย นางสาวณิชาภา ขำชุ่ม นางสาววิภา ราตรีพรทิพย์ นางสาวณัฐกานต์ สุริยะลังการ์ นักศึกษาชั้นปีที่ 4 และนางสาวสุนันทา เกตนาวา นักศึกษาปริญญาโท (ณ ขณะนั้น) สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร ที่รับเป็นผู้ช่วยวิจัยทำการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองดังกล่าว รวมทั้งนางสาวชลาลัย ใจแสน นักศึกษาปริญญาโทในที่ปรึกษาสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

คณะผู้วิจัย

มกราคม 2558

บทสรุปผู้บริหาร

เชียงรายเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกกาแฟอาราบิก้ามากที่สุดในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่บ้านดอยช้าง ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ผลผลิตกาแฟดังกล่าวจะถูกนำไปแปรรูปโดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชน หรือส่งขายไปยังโรงงานผลิตเมล็ดกาแฟต่อไป เนื้อผลกาแฟซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งหลัก ๆ ของกระบวนการผลิตดังกล่าว ประมาณร้อยละ 55 ของผลกาแฟสด จะถูกปล่อยให้ย่อยสลายไปเองตามธรรมชาติ โดยมิได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ปัญหาของการปล่อยให้เนื้อผลกาแฟย่อยสลายเองตามธรรมชาติ คือ มีการย่อยสลายของเนื้อผลกาแฟได้ช้า เนื่องจากเนื้อผลกาแฟไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นผลเนื่องจากเนื้อผลกาแฟมีสารต้าน-จุลินทรีย์เป็นองค์ประกอบอยู่ เนื้อผลกาแฟที่ปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติจึงส่งกลิ่นเหม็นเป็นแหล่งสะสมของแมลงวัน เชื้อโรค และทำลายภูมิทัศน์ของพื้นที่ปลูกกาแฟดังกล่าว โดยเฉพาะพื้นที่ดอยช้างที่มีการปลูกกาแฟในปริมาณมาก และเป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ของจังหวัดเชียงรายที่สำคัญแห่งหนึ่ง

โดยพบว่าสารประกอบหลักที่มีในเนื้อผลกาแฟ และทำให้เนื้อผลกาแฟมีสมบัติทางฟังก์ชันนัล (functional properties) คือ สารประกอบฟินอลิก (เช่น กรดคลอโรจินิก) สารประกอบฟลาโว-นอยด์ (เช่น แอนโทไซยานิน) กระบวนการทำแห้งเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้เป็นวิธีการเตรียมวัตถุดิบสำหรับไปผ่านกระบวนการผลิตขั้นต่อไป เนื่องจากสามารถลดน้ำหนักของวัตถุดิบได้ ทำให้สะดวกต่อการจัดการและการขนส่ง และลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งได้ อย่างไรก็ตามการใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไปในกระบวนการทำแห้งสามารถทำให้ปริมาณสารสำคัญในวัตถุดิบลดลง ซึ่งจะส่งผลต่อการลดลงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของวัตถุดิบได้ ซึ่งจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของสารสำคัญ และสมบัติเฉพาะของวัตถุดิบแต่ละชนิด

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทำแห้งต่อองค์ประกอบ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลกาแฟ โดยศึกษาการทำแห้ง 2 วิธีคือ การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และการตากแห้งโดยธรรมชาติ นำเนื้อผลกาแฟแห้งที่ได้ไปศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ เปรียบเทียบกับปริมาณของสารสำคัญดังกล่าว และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลกาแฟสด จากการทดลองพบว่า

การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมี ชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเนื้อผลกาแฟภายหลังจากการกะเทาะเปลือก

เนื้อผลกาแฟมีปริมาณความชื้นอยู่ 85.15 เปอร์เซ็นต์ มีสีแดงออกเหลืองแสดงถึงความแก่ของเนื้อผลกาแฟ โดยพบว่าเมื่ออบแล้วจะทำให้สีของเนื้อผลกาแฟมีสีเข้มมากขึ้น เนื้อผลกาแฟมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่น้อย คือ 0.60 องศาบริกซ์ และมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด 8.83 กรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณเส้นใยที่ละลายไม่ได้ 7.80 กรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม เนื้อผลกาแฟ มีปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรดได้ 0.85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ดังกล่าวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากการทำแห้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำแห้งด้วยวิธีการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ

เนื้อผลกาแฟสด มีปริมาณโพลิฟินอลทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เป็น 1.68 และ 13.40 กรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ และมีกรดคลอโรจินิก กาเฟอีน และแอนโทไซยานิน เป็น 65.23, 16.49 และ 1.23 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาผลของวีธีการทำแห้งต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่าปริมาณสารสำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลกาแฟ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากการทำแห้งทั้งวิธีการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ โดยพบว่าปริมาณสารประกอบโพลิฟินอล สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และแอนโทไซนิน ในเนื้อผลกาแฟที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดมีปริมาณมากกว่าที่พบในเนื้อผลกาแฟที่ได้จากการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามปริมาณกรดคลอโรจินิก ในเนื้อผลกาแฟที่ได้จากการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติมีปริมาณมากกว่าปริมาณสารดังกล่าว ที่พบในเนื้อผลกาแฟที่ได้จากทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ในขณะที่ปริมาณกาเฟอีนในเนื้อผลกาแฟที่ได้จากการทำแห้งทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ยังพบว่า ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการวัดด้วยวิธี DPPH และ FRAP assays มีค่าสอดคล้องกับปริมาณกรดคลอโรจินิก และแอนโทไซนิน คือ ปริมาณสารดังกล่าวมีปริมาณมากกว่าในตัวอย่างที่ทำแห้งโดยวิธีการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า วิธีการทำแห้งโดยการตากแห้งเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการรักษาคุณภาพด้านสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties) ของเนื้อผลกาแฟ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด แต่เนื่องจากวิธีการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติเป็นวิธีที่ไม่สามารถ

ควบคุมได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะของโลกปัจจุบันที่สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไม่เป็นไปตามฤดูกาล เนื่องจากภาวะโลกร้อน การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้เป็นทางเลือกที่สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ และมีการลงทุนน้อยกว่ากระบวนการทำแห้งวิธีอื่น ๆ รวมทั้งง่ายต่อการใช้งานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่อาจไม่มีความชำนาญด้านวิศวกรรมมากนัก แต่การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดดังกล่าว ควรใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถทำลายเอนไซม์ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการลดลงของสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อผลกาแฟได้ รวมทั้งยังเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการทำเป็นอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถทำได้ทุกฤดูกาล และสามารถควบคุมการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอมไปยังตัวอย่างและยังไม่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคได้

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทำแห้งโดยการอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส โดยตู้อบแบบถาด และการตากแห้ง ต่อองค์ประกอบและฤทธิ์กาต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลกาแฟอาราบิกา (coffee pulp, CP) โดยตัวอย่างเนื้อผลกาแฟได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ดอยช้าง ออริจินัล จำกัด โดยการอบหรือตากแห้งตัวอย่าง CP จนความชื้นเหลือต่ำกว่า 13 เปอร์เซ็นต์ จึงวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ ปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมด (total phenolic content, TPC) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (total flavonoid content, TFC) กรดคลอโรจินิก (chlorogenic acid) กาเฟอีน (caffeine) และแอนโทไซยานิน (anthocyanin) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP เปรียบเทียบกับปริมาณสาระสำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลกาแฟสด จากการทดลองพบว่า CP มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 0.60 องศาบริกซ์ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรตได้ 0.85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และมีปริมาณเส้นใยที่ละลายไม่ได้ (insoluble fiber) และเส้นใยที่ละลายได้ (soluble fiber) 7.80 และ 1.03 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ จากการทดลองพบว่าปริมาณสาระสำคัญในเนื้อผลกาแฟลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังการทำแห้งทุกวิธี โดยพบว่าในเนื้อผลกาแฟตากแห้งมีปริมาณ TPC TFC และแอนโทไซยานินมีปริมาณน้อยกว่าในเนื้อผลกาแฟอบแห้ง ในขณะที่มีปริมาณกรดคลอโรจินิกมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารสำคัญดังกล่าวในเนื้อผลกาแฟอบแห้ง อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณกาแฟอินในเนื้อผลกาแฟที่ได้จากการทำแห้งทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลกาแฟแห้ง จากทั้งสองวิธีสอดคล้องกับปริมาณกรดคลอโรจินิกและแอนโทไซยานิน คือเนื้อผลกาแฟตากแห้งมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในเนื้อผลกาแฟอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ จึงสามารถสรุปได้ว่าวิธีการตากแห้งสามารถรักษาสารสำคัญในเนื้อผลกาแฟได้มากกว่าวิธีการอบแห้ง มีผลทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลกาแฟตากแห้งมีมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลกาแฟอบแห้ง

คำสำคัญ: การตากแห้ง การอบแห้ง กรดคลอโรจินิก ผลิตผลพลอยได้ แอนโทไซยานิน

Abstract

This work was aimed to investigate the effect of drying methods on bioactive compounds and antioxidant activity of Arabica coffee pulp. The coffee pulp (CP) was obtained from DoiChaang Original Co. Ltd. Chaing Rai, Thailand.The CP was dried at 60 ^{o}C using tray dryer or sun dry until moisture content was less than 13 %. The bioactive compounds (total phenolic content (TPC), total flavonoid content (TFC), chlorogenic acid, caffeine and anthocyanin) and antioxidant activity (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and Ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays) of the dried CP were determined and compared to those of the fresh CP. The results revealed that the total soluble solid (TSS), the titratable acidity (TA) and insoluble and soluble dietary fibre of the fresh CP were 0.60 ^{o}Brix, 0.85 % (w/w), 7.80 and 1.03 % (w/w), respectively. All bioactive compounds and antioxidant activity of the CP were significantly reduced after drying. TPC, TFC and anthocyanin of the sun dried CP were lower, whereas the chloroginic acid was higher compared to those of the tray dried CP. However, there was no significant different in caffeine content of the CP obtained from both methods. The antioxdant activity of the sun dried CP was observed to be higher than those of the tray dried one. These results indicate that the sun drying method is potentially applicable for CP drying that could retain the bioactive compounds which contributed to the higher antioxidant activity in the pulp after drying.

Keywords: by-product, chrologenic acid, anthocyanin, sun drying, tray drying

สารบัญ

		หน้า
	กิตติกรรมประกาศ	i
	บทสรุปผู้บริหาร	ii
	บทคัดย่อ	v
	Abstract	vi
	สารบัญ	vii
	สารบัญตาราง	ix
	สารบัญภาพ	x
บทที่ 1	**บทนำ**	
	1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
	1.3 ความสำคัญของการวิจัย	2
	1.4 สมมติฐานของการวิจัย	2
	1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
บทที่ 2	**แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	
	2.1 พันธุ์ และฤดูการเก็บเกี่ยวกาแฟ	4
	2.2 กระบวนการผลิตกาแฟ	4
	2.3 วัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตกาแฟ	7
	2.4 สารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อผลกาแฟ	7
บทที่ 3	**ระเบียบวิธีวิจัย**	
	3.1 วัตถุดิบ	9
	3.2 วิธีการทดลอง	9
บทที่ 4	**ผลการวิจัย**	
	4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมี	14
	4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อผลกาแฟ	15
	4.3 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเนื้อผลกาแฟ	18
บทที่ 5	**สรุปผลการวิจัย**	**21**
บทที่ 6	**เอกสารอ้างอิง**	**23**

หน้า

ภาคผนวก

ประวัตินักวิจัย 28

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	Color (L*, a*, b*), total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA), moisture content and dietary fiber of fresh coffee pulp and the dried pulp after drying using tray and sun drying method	14
4.2	Bioactive compounds in fresh coffee pulp and the pulp after drying with different methods	17
4.3	Antioxidant activities of fresh coffee pulp and the pulp after drying with different methods	19

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กระบวนการผลิตกาแฟโรงงานกาแฟดอยช้าง จังหวัดเชียงราย	6
2.2	โครงสร้างของผลและเมล็ดกาแฟ 1: center cut 2: bean (endosperm) 3: silver skin (testa, epidermis), 4: parchment (hull, endocarp) 5: pectin layer 6: pulp (mesocarp) 7: outer skin (pericarp, exocarp)	6
4.1	เนื้อผลกาแฟสด (a) เนื้อผลกาแฟที่ทำแห้งโดยการตากแดด (b) และเนื้อผลกาแฟที่ ทำแห้งโดยการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่ 60 องศาเซลเซียส (c)	15

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ด้วยกลิ่นและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ของกาแฟสด ปัจจุบันจึงมีผู้บริโภคหันมาดื่มกาแฟสดกันมากขึ้น ทำให้ธุรกิจกาแฟขยายตัว และเติบโตอย่างต่อเนื่อง เชียงรายเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ใช้สำหรับการผลิตกาแฟสด เป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย เนื่องจากมีสภาพพื้นที่เป็นภูเขาที่มีระดับความสูงสูงกว่าระดับน้ำทะเล 700-1000 เมตร และมีอากาศหนาวเย็น รองลงมาคือจังหวัดเชียงใหม่ น่าน และแม่ฮ่องสอน ตามลำดับ โดยพื้นที่ดอยช้างเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกกาแฟมากที่สุดในจังหวัดเชียงราย (อภิชาต, 2552)

ในการผลิตกาแฟสดนั้น ผลกาแฟจะถูกนำมาแช่น้ำเพื่อให้ง่ายต่อการเอาเมล็ดกาแฟออก หลังจากนั้นจึงนำไปผ่านกระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟต่อไปจนได้เป็นกาแฟข้าวสาร จึงนำไปหมักและคั่วจนได้เป็นกาแฟสด พร้อมที่จะนำไปบด และชงจำหน่ายต่อไป เนื้อผลกาแฟซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งหลัก ๆ ของกระบวนการผลิตดังกล่าว ประมาณร้อยละ 55 ของผลกาแฟสด (Shahidi and Naczk, 2003) จะถูกปล่อยให้ย่อยสลายไปเองตามธรรมชาติโดยมิได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ปัญหาของการปล่อยให้เนื้อผลกาแฟย่อยสลายเองตามธรรมชาติ คือ มีการย่อยสลายของเนื้อผลกาแฟได้ช้า เนื่องจากเนื้อผลกาแฟไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นผลเนื่องจากเนื้อผลกาแฟมีสารต้านจุลินทรีย์เป็นองค์ประกอบอยู่ (Ramirez-Coronel et al., 2004; Ramirez-Martinez, 2006) เนื้อผลกาแฟที่ปล่อยให้ย่อยสลายเองตามธรรมชาติจึงส่งกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งสะสมของแมลงวัน เชื้อโรค และทำลายภูมิทัศน์ของพื้นที่ปลูกกาแฟดังกล่าว โดยเฉพาะพื้นที่ดอยช้างที่มีการปลูกกาแฟในปริมาณมาก และเป็นสถานที่ท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ของจังหวัดเชียงรายที่สำคัญแห่งหนึ่ง

มีรายงานว่าในเนื้อผลกาแฟมีสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญที่ทำให้เนื้อผลกาแฟมีสมบัติต้านจุลินทรีย์เป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณมาก และมีปริมาณสารดังกล่าวมากกว่าผลไม้ชนิดอื่น ๆ ที่เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระสกัดที่จำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ที่มีรายงานว่ามีปริมาณสารดังกล่าวอยู่สูงหลายชนิด ได้แก่ สตรอเบอรี่ องุ่น เป็นต้น (Shamitko, 2010) แต่สมบัติชนิด และปริมาณสารออกฤทธิ์ดังกล่าวจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ส่วนประกอบที่นำมาวิเคราะห์ สายพันธุ์ของพืช พื้นที่ปลูก สถาวะแวดล้อม และการดูแลรักษาพืชในระหว่างการปลูก เป็นต้น ปัจจุบันยังไม่มีรายงานวิจัยด้านองค์ประกอบ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้า ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดเชียงราย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิด ปริมาณ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ของเนื้อผลกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้าที่ปลูกใน

พื้นที่ดอยช้าง จังหวัดเชียงราย เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการทำงานวิจัยด้านการเพิ่มมูลค่าของวัสดุที่เป็นวัสดุเหลือทิ้ง และศึกษาผลของการทำแห้งเนื้อผลกาแฟด้วยการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติและทำแห้งโดยเครื่องอบแห้งแบบถาด เพื่อหาแนวทางในการเก็บรักษาเนื้อผลกาแฟเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับการผลิตสารต้านอนุมูลอิสระดังกล่าวต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 ศึกษาองค์ประกอบ ของสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ในเนื้อผลกาแฟพันธุ์อาราบิก้า

1.2.2 ศึกษาผลของการทำแห้งด้วยลมร้อนต่อปริมาณ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ของสารสกัดจากเนื้อผลกาแฟพันธุ์อาราบิก้า

1.3 ความสำคัญของการวิจัย

งานวิจัยดังกล่าว จะสามารถให้ข้อมูลพื้นฐานของเนื้อผลกาแฟพันธุ์อาราบิก้าในประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีผู้ใดรายงานไว้ และเป็นข้อมูลสำคัญในการหาความเป็นไปได้ในการนำเนื้อผลกาแฟซึ่งปัจจุบันเป็นสาเหตุสำคัญของมลพิษสิ่งแวดล้อมในชุมชน นำไปใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตสารออกฤทธิ์สำคัญ สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น สำหรับใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านจุลินทรีย์ หรือใช้เพื่อเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์สำคัญเพื่อเป็นสารอาหารเพื่อสุขภาพในทางการค้า ซึ่งจะนอกจากจะสามารถกำจัดวัสดุเหลือทิ้ง และลดมลพิษสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังนำมาซึ่งรายได้ที่เพิ่มขึ้นของคนในชุมชนผู้ผลิตกาแฟอีกด้วย

1.4 สมมติฐานของการวิจัย

จากรายงานการวิจัยที่เคยมีผู้ทำวิจัยมาก่อน เกี่ยวกับสารต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลกาแฟนั้น งานวิจัยนี้จึงมีสมมติฐานว่า เนื้อผลกาแฟพันธุ์อาราบิก้าจะเป็นแหล่งของสารออกฤทธิ์สำคัญแหล่งหนึ่ง และการทำแห้งโดยเครื่องอบแบบถาดซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้เวลาน้อยกว่า และควบคุมได้ จะสามารถคงสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลกาแฟพันธุ์อาราบิก้าไว้ได้ดีกว่าการทำแห้งโดยการตากแดด

1.5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาลักษณะทางกายภาพเคมี (สีของเปลือก ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และปริมาณกรดทั้งหมด) องค์ประกอบของสารออกฤทธิ์สำคัญ (สารประกอบฟินอลทั้งหมด สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด กาเฟอีน และแอนโทไซยานิน) และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ FRAP assay ของสารสกัดจากเนื้อผลกาแฟพันธุ์อาราบิก้าที่ปลูกในเขตดอยช้าง จังหวัดเชียงราย

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พันธุ์ และฤดูการเก็บเกี่ยวกาแฟ

ปัจจุบันทั่วโลกมีกาแฟอยู่มากกว่า 6,000 สายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่นิยมปลูกเพื่อการค้าคือ พันธุ์อาราบิก้า และโรบัสต้า กาแฟพันธุ์อาราบิก้า *(Coffea arabica)* เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุดในโลก อาราบิก้าเป็นพืชกึ่งเมืองหนาว สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น พื้นที่ที่อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลประมาณ 800-1,500 เมตร สภาพอากาศค่อนข้างเย็นอุณหภูมิประมาณ 15-24 องศาเซลเซียส กาแฟอาราบิก้าให้กลิ่นหอม และรสชาตินุ่มนวล กลมกล่อมกว่ากาแฟสายพันธุ์อื่นๆ ราคาต่อกิโลกรัมจึงสูงกว่ากาแฟพันธุ์โรบัสต้า นิยมนำมาคั่ว บด ชง โดยการกรองกากหรือที่นิยมเรียกว่า กาแฟสด ในประเทศไทยกาแฟพันธุ์อาราบิก้า นิยมปลูกกันมากบนดอยสูง ที่มีอากาศหนาวเย็นแถบภาคเหนือ โดยเฉพาะในเขตในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน และตาก (อภิชาต, 2552) โดยในจังหวัดเชียงรายนั้น พื้นที่ที่มีการปลูกกาแฟพันธุ์อาราบิก้ามากที่สุด คือ บ้านดอยช้าง บ้านใหม่พัฒนา และบ้านดอยล้าน อำเภอแม่สรวย โดยเฉพาะบ้านดอยช้างเป็นแหล่งผลิตเมล็ดกาแฟที่มีชื่อเสียง มีการปลูกกาแฟมากกว่า 800 หลังคาเรือน พื้นที่ปลูกมากกว่า 20,000 ไร่ (จากการสำรวจการปลูกกาแฟ ตุลาคม 2551)

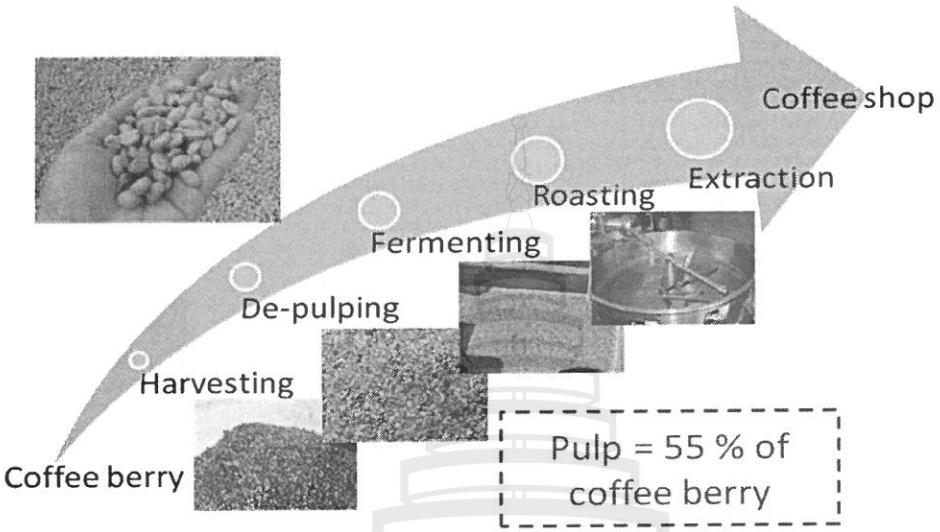
ฤดูการเก็บเกี่ยวผลกาแฟจะอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ ในช่วงเวลานี้จะมีวัตถุดิบเข้าโรงงานมาก ทำให้มีวัสดุเหลือทิ้ง คือเนื้อผลกาแฟเป็นปริมาณมาก ชาวบ้านจะปล่อยให้เกิดการหมักก่อนนำไปใช้เป็นปุ๋ยในไร่กาแฟ ซึ่งมักจะส่งกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งของแมลงวัน และเชื้อโรค จึงเป็นปัญหาสำคัญต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งส่งผลต่อภูมิทัศน์ของชุมชนที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของดอยช้างอีกด้วย ดังนั้นกลุ่มเกษตรกรตลอดจนนักวิจัย จึงมีความพยายามอย่างยิ่งที่จะหาวิธีนำวัสดุเหลือจากการบวนการผลิต คือเนื้อผลกาแฟไปใช้ประโยชน์ เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเนื้อผลกาแฟที่ได้จากอุตสาหกรรมการผลิตกาแฟสด ซึ่งการศึกษาเพื่อหาปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญต่างๆ ที่มีอยู่ในเนื้อผลกาแฟภายหลังจากผ่านกระบวนการกะเทาะเปลือกแล้วน่าจะเป็นแนวทางที่จะสามารถช่วยแก้ปัญหานี้ได้

2.2 กระบวนการผลิตกาแฟ (Clarke and Macrae, 1987)

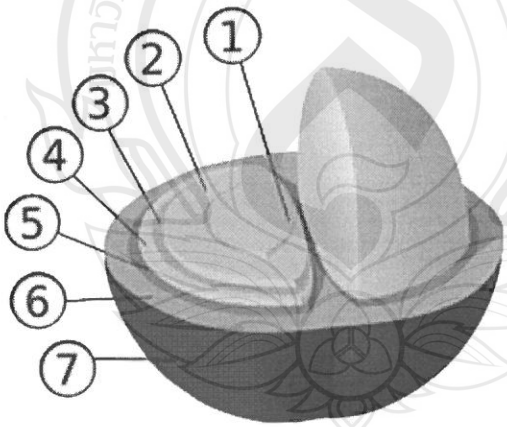
รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการผลิตเมล็ดกาแฟคั่วของโรงงานดอยช้าง จังหวัดเชียงราย โดยหลังจากเก็บเกี่ยวผลกาแฟแล้ว เปลือก หรือเนื้อผลกาแฟจะถูกกำจัดทิ้ง (de-pulping) จึงนำไปผ่านกระบวนการเอาเมือก หรือเปลือกหุ้มออก ซึ่งมีปริมาณมากถึงร้อยละ 55 ของน้ำหนักผลกาแฟสดดังที่

ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น หลังจากนั้นเมล็ดกาแฟที่ยังคงมีเมือกหุ้มเมล็ด และเปลือกหุ้มเมล็ดอยู่จะไปผ่านกระบวนการกำจัดเมือกออก ที่นิยมมี 2 วิธี คือ แบบแห้ง (dry processing) และแบบเปียก (wet processing) ซึ่งถึงแม้ว่ากระบวนการผลิตกาแฟแบบแห้งจะสามารถทำได้ง่าย โดยการตากแดดให้เมือกที่ติดเปลือกของแมล็ดกาแฟแห้งติดกับเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ซึ่งจะถูกกำจัดออกไปพร้อมกับเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟในขั้นตอนต่อไป แต่กลิ่นและรสชาติของกาแฟที่ได้จากวิธีดังกล่าวจะน้อยกว่ากาแฟที่ได้จากกระบวนการผลิตแบบเปียก ดังนั้นวิธีที่นิยมใช้ในกระบวนการผลิตกาแฟ คือ แบบเปียก โดยการแช่เมล็ดกาแฟไว้ในน้ำ 24-36 ชั่วโมง ซึ่งมีข้อดีอีกประการหนึ่งคือ เมล็ดกาแฟที่เสียจะลอยขึ้นและกำจัดออกไปในขั้นตอนนี้ได้ โดยจุลินทรีย์ในน้ำจะย่อยสลายเมือกที่เป็นเซลลูโลส ที่ติดอยู่ที่เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ จึงล้างออกด้วยน้ำ และนำไปทำให้เมล็ดกาแฟที่ยังมีเปลือกอยู่แห้งโดยการตากแดด

กระบวนการกำจัดเมือกเมล็ดกาแฟแบบเปียกดังกล่าวจะทำให้ได้กาแฟ ที่มีกลิ่นและรสชาติดีขึ้น แต่มีข้อเสียคือ จะมีน้ำเสียที่ใช้ในการหมักและล้างเมล็ดกาแฟในปริมาณมาก ดังนั้นจึงมีความพยายามลดปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการดังกล่าว โดยการหมักแบบแห้งที่ใช้น้ำของกาแฟเองในการหมักเมล็ดกาแฟดังกล่าวแทน เมื่อตากแห้งเมล็ดกาแฟแล้ว เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟจะถูกกำจัดออกโดยเครื่องกระเทาะเปลือก ได้เป็นกาแฟข้าวสาร จึงนำไปบ่มไว้เป็นเวลา ไม่น้อยกว่า 6 เดือน เพื่อให้เกิดกลิ่นและรสชาติเฉพาะของเมล็ดกาแฟ แล้วจึงนำไปคั่วเป็นเมล็ดกาแฟคั่วเพื่อใช้ในการผลิตเครื่องดื่มจากเมล็ดกาแฟต่อไป ส่วนที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ เรียกว่า เนื้อผลกาแฟ หรือ coffee pulp (รูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตกาแฟโรงงานกาแฟดอยช้าง จังหวัดเชียงราย



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของผลและเมล็ดกาแฟ 1: center cut 2: bean (endosperm) 3: silver skin (testa, epidermis), 4: parchment (hull, endocarp) 5: pectin layer 6: pulp (mesocarp) 7: outer skin (pericarp, exocarp)

แหล่งที่มา: Clarke and Macrae, 1987

2.3 วัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตกาแฟ

วัสดุเหลือทิ้งในกระบวนการผลิตกาแฟสดหลัก ๆ ได้แก่ เนื้อผลกาแฟ (coffee pulp) คือ ประมาณร้อยละ 55 ของผลสด (coffee cherry) และเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ (hull and husk) ประมาณร้อยละ 29 ของผลสด (Shahidi and Naczk, 2003) ซึ่งโดยทั่วไปส่วนเนื้อผลกาแฟนี้จะถูกนำไปหมักจนเป็นสีดำก่อนที่จะทำเป็นปุ๋ยต่อไป มีนักวิจัยบางกลุ่มศึกษาร่วมกับกลุ่มเกษตรกรดอยช้าง การใช้ประโยชน์จากเนื้อผลกาแฟ เช่น การผลิตไวน์ หรือเครื่องดื่มจากเนื้อผลกาแฟ แต่ไม่เป็นที่แพร่หลายและนิยมมากนัก กลุ่มเกษตรกรจึงมักจะทิ้งให้เนื้อผลกาแฟหมักเองตามธรรมชาติ และนำไปทำเป็นปุ๋ยสำหรับต้นกาแฟในไร่

อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า ปุ๋ยที่ได้จากการหมักเนื้อผลกาแฟให้ผลได้ไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากในเนื้อผลกาแฟมีสารประกอบบางชนิด เช่น สารประกอบฟีนอล กาเฟอีน และสารแทนนิน อยู่ (Ramirez-Coronel et al., 2004; Ramirez-Martinez, 2006) ซึ่งจะไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ช่วยในการหมักปุ๋ย นอกจากนี้การนำวัสดุเหลือทิ้งของเนื้อผลกาแฟไปใช้ผสมเพื่อเป็นอาหารสัตว์ เช่น โคและสุกร เป็นต้น มีข้อจำกัดเนื่องจากเนื้อผลกาแฟมีองค์ประกอบของผนังเซลล์ และสารประกอบฟีนอล กาเฟอีน และแทนนิน ในปริมาณสูง ซึ่งไปยับยั้งการดูดซึมสารอาหารของสัตว์ ทำให้สัตว์ไม่สามารถใช้สารอาหารในเนื้อผลกาแฟได้เต็มที่ (Mehansho et al., 1987; de Rozo et al., 1985; Rojas et al., 2002) เนื้อผลกาแฟยังเป็นแหล่งของแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งสามารถใช้เป็นสารให้สีจากแหล่งธรรมชาติได้ (Prata and Oliveira, 2007) และเป็นสารออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญสารประกอบหนึ่งในเนื้อผลกาแฟ และมีรายงานว่าเนื้อผลกาแฟเป็นหนึ่งในแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญอีกด้วย (Dimitrios, 2006)

2.4 สารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อผลกาแฟ

เนื้อผลกาแฟประกอบไปด้วยสารออกฤทธิ์สำคัญต่างๆ ได้แก่ เส้นใยอาหาร (dietary fiber) สารประกอบฟีนอล เช่น กรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) และสารประกอบในกลุ่มฟลาโว-นอยด์อยู่สูง (Spiller, 1998) โดย Braham และ Bressani (1979) รายงานว่า ในเนื้อผลกาแฟ มีองค์ประกอบอินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ แทนนิน (ร้อยละ 1.80 – 8.56 ของน้ำหนักแห้ง) สารเพกทิน (ร้อยละ 6.5 ของน้ำหนักแห้ง) น้ำตาลรีดิวซ์ (ร้อยละ 12.4 ของน้ำหนักแห้ง) น้ำตาลนอนรีดิวซ์ (ร้อยละ 2.0 ของน้ำหนักแห้ง) กาเฟอีน (ร้อยละ 1.3 ของน้ำหนักแห้ง) กรดคลอโรจีนิก (ร้อยละ 2.6 ของน้ำหนักแห้ง) และกรดกาเฟอิก (ร้อยละ 1.6 ของน้ำหนักแห้ง โดยจากรายงานของ Ramirez-Martinez (2006) ในปีล่าสุดรายงานว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในเนื้อผลกาแฟ มีกรดคลอโรจีนิก

และอิพิคาเทชิน (epicatechin) อยู่สูงถึงร้อยละ 42.2 และ 21.6 ของสารประกอบฟินอลิกทั้งหมด ตามลำดับ

สารออกฤทธิ์สำคัญต่าง ๆ เหล่านี้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสามารถลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหลายชนิดได้ ได้แก่ โรคหลอดเลือดตีบและแข็งตัว โรคมะเร็งบางชนิด โรคความจำเสื่อม และอื่น ๆ โดยมีรายงานว่าเครื่องดื่มกาแฟ มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าในชา หรือไวน์แดง ถึง 10 เท่า (Borrelli et al., 2002) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารสกัดจากผลกาแฟทั้งผล มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Oxygen radical antioxidant capacity, ORAC) มากกว่าวิตามินอีถึง 15,000 เท่า ซึ่งมีค่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระชนิดอื่น ๆ เช่น บลูเบอรรี่ (ORAC = 14) และสตรอเบอรี (ORAC = 15.4) เป็นต้น (Futureceuticals, 2009) และมีค่า ORAC สูงกว่าในชาถึง 15 เท่า (Shamitko, 2010)

นอกจากนี้การรับประทานสารสกัดจากผลกาแฟสด สามารถช่วยบำรุงผิวพรรณ ลดรอยเหี่ยวย่น ยับยั้งอนุมูลอิสระ และลดภาวะ oxidative stress แต่งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะข้อมูลพื้นฐานชนิด และปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ ตลอดจนฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลกาแฟ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตกาแฟสดนั้น ยังไม่มีรายงานการศึกษาวิจัยในผลกาแฟที่ผลิตในประเทศไทย ดังนั้นหากมีการศึกษาถึงปริมาณสารต่าง ๆ ในวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตกาแฟข้อมูลที่ได้จะเป็นแนวทางในการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดปริมาณเศษเหลือจากกระบวนการผลิตแล้ว ยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมการผลิตกาแฟ ซึ่งอาจใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตอาหารเสริมสุขภาพ ยาและอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เป็นต้น

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

เนื้อผลกาแฟ (coffee pulp) ในการทดลองนี้ หมายถึง ส่วนของเปลือก (exocarp) และส่วนของเนื้อผลกาแฟ (pericarp) รวมกัน ที่ได้จากขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิตกาแฟ หลังจากแยกส่วนของเมล็ดกาแฟออกไปเพื่อนำไปผ่านกระบวนการผลิตกาแฟต่อไป โดยจะสุ่มเก็บตัวอย่างเนื้อผลกาแฟพันธุ์อาราบิก้า (*Coffea arabica*) ภายหลังจากการแยกเมล็ดกาแฟออกในพื้นที่ผลิตกาแฟ ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย นำมาล้างให้สะอาด ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาสกัด

3.2 วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ 1) ศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมี ชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลกาแฟ และ 2) ศึกษาผลของอุณหภูมิในการทำแห้งเนื้อผลกาแฟด้วยลมร้อน และทำแห้งด้วยการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยมีรายละเอียดการทดลองดังนี้

3.2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมี ชนิด และปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเนื้อผลกาแฟภายหลังจากการกะเทาะเปลือก

3.2.1.1 วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี

1) ค่าสีของเปลือก โดยเครื่องวัดสี Hunter Lab

ปั่นตัวอย่างให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันโดยไม่ต้องผสมน้ำกลั่น และนำไปวัดสีในรูปของค่า L*, a* และ b* เพื่อเป็นข้อมูลเฉลี่ยของความสุกของผลกาแฟที่เก็บเกี่ยวโดยเกษตรกร

3) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solids; TSS) โดยใช้ hand refractometer

4) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดซิตริก (tritratable acidity; TA) โดยวิธีการไตเตรตตามวิธี AOAC (2000)

5) ความชื้น โดยวิธีการทำแห้ง โดยอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ตามวิธี AOAC (2000)

6) ปริมาณเส้นใยอาหาร (dietary fiber) โดยวิธี AOAC (2000)

3.2.1.2 วิเคราะห์สารออกฤทธิ์สำคัญ

การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างเนื้อผลกาแฟ 5 กรัม ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน และนำไปปั่นผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ให้ละเอียดในเครื่องปั่น จึงกรองผ่านกระดาษกรองวัทแมนเบอร์ 1 และปรับปริมาตรให้ได้ 200 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตรด้วยน้ำกลั่น จึงเจือจางสารสกัดให้ได้ความเจือจางที่เหมาะสมเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

1) ปริมาณโพลิฟินอลทั้งหมดโดยวิธี Folin-Ciocateu method (Singleton and Rosi, 1965)

วิเคราะห์ปริมาณโพลิฟินอลทั้งหมด ในรูปของกรดแกลลิก (gallic acid equivalent, GAE) ต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม โดยนำสารสกัด หรือสารละลายมาตรฐาน 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 10 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเจือจาง Folin-Ciocalteu phenol reagent (10 % v/v) 2.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง ผสมให้เข้ากัน จึงเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (7.5 % w/v) 4 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank

2) ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด โดยวิธี colorimetric assay (Jia et al., 1999; Meyers et al., 2003)

วิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ ในรูปของเควอซิทิน (quercetin equivalent, QAE) ต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม โดยใช้สารสกัด 0.5 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลายโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) ความเข้มข้นร้อยละ 5 ปริมาณ 0.15 มิลลิลิตร เติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3$) 0.15 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที จากนั้นจึงเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 2 มิลลิลิตรทันที และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 5 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร ได้สารละลายสีชมพู ผสมให้เข้ากันโดยใช้เวอร์เทกซ์ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที จึงนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง โดยใช้เอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 70 เป็น blank

3) ปริมาณกรดคลอโรจินิก โดยวิธี UV/Vis spectrometer (Belay และ Gholap, 2009)

ชั่งผงตัวอย่าง 6 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดและกวนโดยใช้แท่งแม่เหล็กกวนสาร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จึงกรองตัวอย่างได้เป็นสารสกัดตัวอย่าง เพื่อนำไปสกัดกาเฟอีนเพื่อวิเคราะห์ต่อไป

สกัดแยกกาเฟอีนออกจากตัวอย่าง โดยวิธีของ Belay และคณะ, 2008 โดยผสมสารสกัดกับไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) ในอัตราส่วนสารสกัดต่อไดคลอโรมีเทนเป็น 20:20 และกวนเป็นเวลา 10 นาที จึงใส่ในกรวยแยกสาร เพื่อแยกกาเฟอีนออก โดยทำการสกัดกาเฟอีนออกในกรวยแยกด้วยไดคลอโรมีเทนปริมาณ 20 มิลลิลิตร 4 ครั้ง จึงไปนำสารสกัดที่แยกกาเฟอีนออกแล้ว (สารละลายชั้นล่าง) ไปวิเคราะห์กรดคลอโรจินิก โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 324 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดคลอโรจินิก ต่อไป

4) ปริมาณกาเฟอีน โดยวิธี UV/Vis spectrometer โดยวิธี UV/Vis spectrometer (Belay และคณะ, 2008)

นำสารละลายกาเฟอีน(สารละลายชั้นบน) ที่ได้จากข้อ 3) ไปวิเคราะห์กาเฟอีนโดยวัดค่าการดูดกลืนแสดงที่ความยาวคลื่น 260 นาโนเมตร โดยใช้ไดคลอโรมีเทนเป็น blank เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกาเฟอีนต่อไป

5) ปริมาณแอนโทไซยานิน โดยวิธี pH differential method ตามวิธี Lee et al, (2005)

เตรียมสารละลายตัวอย่างที่มีค่าพีเอช 1.0 โดยผสมสารสกัด 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร และปรับปริมาตร ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ พีเอช 1.0 (สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (1.49 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) และสารละลายกรดไฮโดคลอริก 0.2 โมลาร์ ในอัตราส่วน 25:67) และผสมให้เข้ากัน และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร

และเตรียมสารละลายตัวอย่างที่มีค่าพีเอช 4.5 โดยผสมสารสกัด 1 มิลลิลิตรโดยผสมสารสกัด 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร และปรับปริมาตร ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ พีเอช 4.5 (สารละลายโซเดียมอะซิเตด (1.64 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) และผสมให้เข้ากัน และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร

คำนวณปริมาณแอนโทไซยานิน ในรูปของ ไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (cyanidin-3-glucoside equivalents (c-3-gE) ต่อ 100 กรัมตัวอย่างแห้ง โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

Total anthocyanin (mg/L) = (A x MW x DF x 1000)/(e x L)

โดย A = absorbance = $(A_{510}-A_{700})$ pH 1.0 - $A_{510}-A_{700})$ pH 4.5

MW = molecular weight of c-3-g (433.2)

DF = dilution factor

e = extraction coefficient of c-3-g (31,600)

L = the cell path length (1 cm)

3.2.1.3 วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

1) ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH Radical scavenging activity (DPPH assay) (Brand-Williams et al., 1995)

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH ในรูปของโทรล็อก (trolox equivalent, TE) ต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม โดยใช้สารสกัด หรือสารละลายมาตรฐาน 50 ไมโครลิตร เติมเติมสารละลาย 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) (0.00236 กรัม ในเมทานอล 100 มิลลิลิตร โดยเตรียมใหม่ทุกวัน) 1950 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เวอร์เทกซ์ ทิ้งไว้ที่มืด อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที จึงนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง โดยใช้เมทานอลเป็น blank

(2) วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี Ferric reducing antioxidant power (FRAP assay) (Benzie and Strain, 1996)

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี FRAP ในรูปของเควอซิทิน (quercitin equivalent, QUE) ต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม โดยใช้สารสกัด หรือสารละลายมาตรฐาน 1 มิลลิลิตร เติมเติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ พีเอช 6.6 และสารละลายโพแทสเซียมเฮกซะไซยาโนเฟอเรต (potassium hexacyanoferrate ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในน้ำกลั่น) อย่างละ 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เวอร์เทกซ์ นำไปบ่มในอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใน water bath เป็นเวลา 30 นาที จึงเติมกรดไตรคลอโรอะซิติก (trichloroacetic acid เข้มข้นร้อยละ 10 ในน้ำกลั่น) ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยใช้เวอร์เทกซ์ และเติมน้ำกลั่น และสารละลายเฟอริกคลอไรด์ (ferric chloride ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ในน้ำกลั่น) ปริมาณ 2.5 และ 0.5 มิลลิลิตร

ตามลำดับ จึงนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ด้วยเครื่องเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง โดยใช้น้ำกลั่นเป็น blank

3.2.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของวิธีการทำแห้ง ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

ทำแห้งเนื้อผลกาแฟด้วยตู้อบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ โดยในแต่ละวิธีการทำแห้งกำหนดให้มีความชื้นสุดท้ายไม่เกินร้อยละ 13 หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาบดให้ละเอียด จึงนำตัวอย่าง 5 กรัม มาสกัดด้วยน้ำกลั่น และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ความเจือจางที่เหมาะสม เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ดังรายละเอียด ตามการทดลองที่ 1 จึงเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ หลังการทำแห้งด้วยวิธีการอบแห้ง และการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ กับปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ที่ได้จากเนื้อผลกาแฟสด (การทดลองที่ 1) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติในด้านกายภาพและเคมี ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ของเนื้อผลกาแฟสด และผลของการทำแห้งด้วยวิธีการอบแห้ง โดยเครื่องอบแห้งแบบถาด และการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ของเนื้อผลกาแฟสด

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมี

จากการวิเคราะห์สีและปริมาณความชื้นของเนื้อผลกาแฟพบว่า เนื้อผลกาแฟมีปริมาณความชื้นอยู่ร้อยละ 85.15 มีสีแดงออกเหลือง ซึ่งสามารถสังเกตได้จาก มีค่า a* และ b* ไปทางบวก โดยจะมีค่าความเข้มของสีเพิ่มขึ้นหลังจากการอบ หรือตากเนื้อผลกาแฟ ดังจะเห็นได้จากมีค่า L* ลดลง ขณะที่ a* และ b* มีค่าไปทางบวกมากขึ้น คือ มีสีแดงและสีเหลืองเข้มมากขึ้น ตามลำดับ โดยการทำแห้งทำให้เนื้อผลกาแฟ มีความเข้มของสีไม่แตกต่างกัน โดยมีปริมาณน้ำตาลในรูปของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (total soluble solid: TSS) ที่วัดด้วย hand refractometer อยู่ในปริมาณน้อย คือ 0.60 องศาบริกซ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 Color (L*, a*, b*), total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA), moisture content and dietary fiber of fresh coffee pulp and the dried pulp after drying using tray and sun drying method

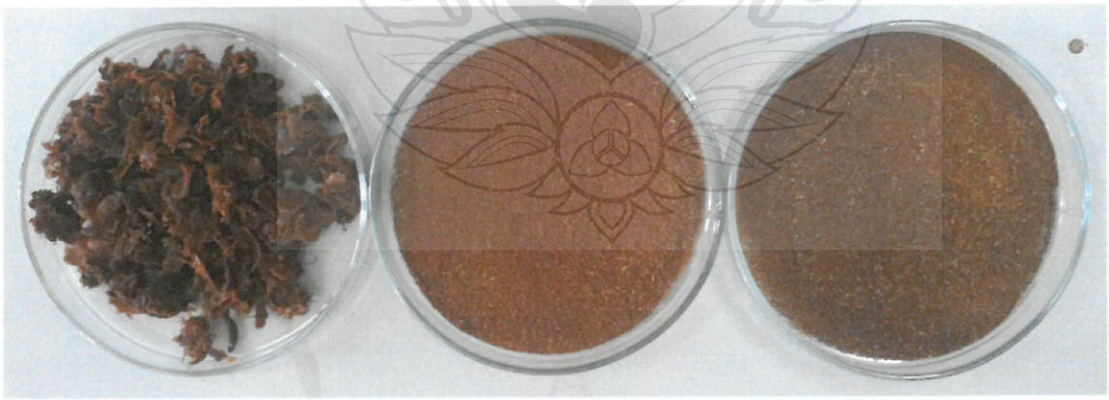
Properties	Fresh	Dried pulp	
		Tray drying	Sun drying
Color (L*, a*, b*, whiteness)			
L*	33.54 ± 0.14^{a}	30.93 ± 0.23^{b}	31.03 ± 0.38^{b}
a*	0.94 ± 0.40^{b}	1.88 ± 0.33^{a}	1.84 ± 0.47^{a}
b*	5.77 ± 0.50^{b}	7.74 ± 0.98^{a}	6.78 ± 0.77^{a}
Whiteness	33.28	30.48	30.67
Total soluble solid (TSS; ^{o}Brix)	0.60	-	-
Titratable acidity (TA, % w/w)	0.85 ± 0.00^{a}	0.50 ± 0.00^{b}	0.39 ± 0.00^{c}
Moisture content (%)	85.15	5.31	6.34
Dietary fiber (g/100 g db)			
Total dietary fiber (TDF)	8.83	-	-
Insoluble dietary fiber (IDF)	7.80	-	-
Soluble dietary fiber (SDF	1.03	-	-

* Means with the same superscripts in the rows indicate no significant difference ($p<0.05$)

เนื้อผลกาแฟสดมีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้อยู่ร้อยละ 0.85 ในรูปของกรดซิตริก โดยปริมาณกรดที่ไตเตรดได้มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ หลังการทำแห้ง โดยพบว่าการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติจะทำให้ปริมาณกรดลดลงมากกว่าการอบด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Toontom et al (2012) นอกจากนี้ Hamid et al (2012) ยังรายงานว่ากรดแอสคอบิกหรือวิตามินซีจะมีปริมาณน้อยกว่าในผลไม้ตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติเปรียบเทียบกับการทำแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 และ 60 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเนื่องจากอุณหภูมิในการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาตินั้นต่ำกว่าการอบในเครื่องอบแบบถาดที่ใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทำให้ในเอนไซม์ในเนื้อผลกาแฟยังมีการทำงานอยู่ในระหว่างกระบวนการทำแห้ง ซึ่งอาจจะไปย่อยหรือทำลายกรดที่มีอยู่ในเนื้อผลกาแฟเป็นสารอนุพันธ์อื่น ๆ ทำให้ปริมาณกรดในเนื้อผลกาแฟที่ตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติน้อยกว่าที่พบในเนื้อผลกาแฟอบแห้ง ในตัวอย่างเนื้อผลกาแฟมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมดประมาณ 8.83 กรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง โดยเป็นเส้นใยอาหารที่ละลายไม่ได้ 7.80 กรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 4.1) ซึ่งพบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายได้ที่มีรายงานไว้ในสับปะรดพันธุ์ภูเก็ต (Gorinstein และคณะ, 1999) และแตงโม (Ramulu and Rao, 2003)

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อผลกาแฟ

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของเนื้อผลกาแฟสด และเนื้อผลกาแฟหลังจากการทำแห้งด้วยการตากแดด และทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าเนื้อผลกาแฟบดที่ได้จากการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะมีสีเข้มกว่าสีของเนื้อผลกาแฟบดที่ได้จากการตากแดด



(a) (b) (c)

รูปที่ 4.1 เนื้อผลกาแฟสด (a) เนื้อผลกาแฟที่ทำแห้งโดยการตากแดด (b) และเนื้อผลกาแฟที่ทำแห้งโดยการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ที่ 60 องศาเซลเซียส (c)

4.2.1 ปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในเนื้อผลกาแฟ

จากการทดลองพบว่าเนื้อผลกาแฟสดมีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดอยู่ 1.68 กรัม ในรูปของกรดแกลลิก (gallic acid: GAE) ต่อ 100 กรัมของเนื้อผลกาแฟแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งพบว่ามีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดน้อยกว่า ปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในตัวอย่างเนื้อผลกาแฟที่เก็บจากโรงงานผลิตกาแฟรายย่อย ในเขตบ้านดอยช้างจังหวัดเชียงราย (0.98 % GAE w/w db) (ชุติมณฑน์ และคณะ, 2553) และมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในเนื้อผลกาแฟที่ปลูกในประเทศอินเดีย (1.48 % GAE w/w db) (Murthy และ Naidu, 2010) นอกจากนี้ชุติมณฑน์ และคณะ (2553) ยังรายงานว่า เนื้อผลกาแฟที่ทิ้งให้เกิดการหมักมีปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดมากกว่าที่พบในเนื้อผลกาแฟที่เก็บสด หรือเนื้อผลกาแฟหมักที่ใช้ระยะเวลาในการหมักน้อยกว่า อย่างไรก็ตามมีรายงานว่ากระบวนการหมักจะสามารถลดปริมาณแทนนิน ที่มีรายงานว่าเป็นสารประกอบในเนื้อผลกาแฟ ที่มีสมบัติเป็นสารยับยั้งความสามารถในการดูดซึมสารอาหาร (anti-nutrition) ในสัตว์ได้ (Mehansho et al., 1987; de Rozo et al., 1985; Rojas et al., 2002) ดังนั้นการปล่อยให้เกิดกระบวนการหมัก จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเปลี่ยนปริมาณสารแทนนิน ไปเป็นสารประกอบฟินอลิกในรูปอื่น ๆ ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในเนื้อผลกาแฟได้

เนื่องจากตัวอย่างเนื้อผลกาแฟในการทดลองนี้ เป็นตัวอย่างที่เก็บสดทันทีจากโรงงานหลังจากการเอาเมล็ดกาแฟออก ดังนั้นถ้าปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดการหมักอาจจะทำให้ตัวอย่างเนื้อผลกาแฟมีปริมาณสารประกอบแทนนินลดลง ในขณะที่มีสารประกอบฟินอลิกชนิดอื่นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการอนุมูลอิสระของสารประกอบฟินอลิกในกาแฟ (Aikpokpodion and Dongo, 2010) หรือ อาจเกิดจากผนังเซลล์ถูกทำลายทำให้สารฟินอลิกภายในเซลล์ถูกขับออกมานอกเซลล์ ทำให้มีปริมาณฟินอลิกมากขึ้นได้ (Arellano-Gonzalez et al, 2011) อย่างไรก็ตามเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้งพบว่า ปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยพบว่าปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในเนื้อผลกาแฟที่ทำให้แห้งโดยวิธีการตากแดด มีปริมาณลดลงมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลทั้งหมดในเนื้อผลกาแฟที่ทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 4.2) ทั้งนี้อาจเนื่องจากอุณหภูมิของการตากแดดมีอุณหภูมิต่ำกว่า คือ ประมาณอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมขณะนั้น คือโดยเฉลี่ยไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส จึงใช้เวลาในการอบแห้งนานในการทำให้ความชื้นของเนื้อผลกาแฟลดลงจนถึงปริมาณความชื้นที่ต้องการ (ร้อยละ 13) จึงทำให้สารดังกล่าวสัมผัสความร้อนนานกว่า และมีเวลาให้เอนไซม์เปลี่ยนรูปสารสำคัญไปเป็นอนุพันธุ์ตัวอื่นได้นานกว่าในการทำแห้งโดยการอบแห้งแบบถาด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Slatnar et al. (2011) ซึ่งรายงานว่าปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อทำแห้งด้วยวิธีการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติเปรียบเทียบกับการทำแห้งด้วยเครื่อง

อบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามปริมาณของสารสำคัญแต่ละตัวจะมีการลดลงและเพิ่มขึ้นแตกต่างกันไปเมื่อผ่านการทำแห้งในทั้งสองกรณี

4.2.2 ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในเนื้อผลกาแฟ

จากการทดลองพบว่าในเนื้อผลกาแฟสดมีสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด อยู่ 13.40 กรัมในรูปของเคอซิทิน (Quercetin) ต่อเนื้อผลกาแฟแห้ง 100 กรัม โดยปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดจะมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อทำแห้งโดยเครื่องอบแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และเมื่อทำแห้งด้วยการตากแดด ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับปริมาณของสารประกอบโพลิฟินอลทั้งหมด

ตารางที่ 4.2 Bioactive compounds in fresh coffee pulp and the pulp after drying with different methods

Bioactive compounds	Fresh pulp	Dried pulp	
		Tray drying	Sun drying
Total polyphenol content (TPC) (g GAE/100 g db)	1.68 ± 0.13^{a}	1.07 ± 0.08^{b}	0.36 ± 0.04^{c}
Total flavonoid content (TFC) (g QUE/100 g db)	13.40 ± 0.29^{a}	6.23 ± 0.08^{b}	4.77 ± 0.16^{c}
Chlorogenic acid (mg/100 g db)	65.23 ± 1.26^{a}	5.36 ± 0.15^{c}	6.96 ± 0.06^{b}
Caffeine (mg/100 g db)	16.49 ± 0.33^{a}	1.55 ± 0.03^{b}	1.76 ± 0.03^{b}
Anthocyanin (C-3-G mg/100 g db)	1.23 ± 0.04^{a}	0.55 ± 0.01^{b}	0.10 ± 0.01^{c}

* Means with the same superscripts in the rows indicate no significant difference ($p<0.05$)

GAE = gallic acid equivalent; QUE = quercetin equivalent, C-3-GE = cyaniding-3-glucoside equivalent

4.2.2 ปริมาณสารสำคัญอื่น ๆ ในเนื้อผลกาแฟ

จากการทดลองพบว่าสารสำคัญชนิดอื่น ๆ ได้แก่ กรดคลอโรจินิก กาเฟอีนและแอนโทไซยานินในเนื้อผลกาแฟ มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) หลังผ่านการทำให้แห้งทั้งโดยวิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และการตากแดด (ตารางที่ 4.2) โดยพบว่าปริมาณกรดคลอโรจินิก และปริมาณกาเฟอีน มีปริมาณลดลงประมาณ 10 เท่าจากปริมาณกรดคลอโรจินิกในเนื้อผลกาแฟสด เมื่อผ่านการทำแห้งทั้งสองวิธี นอกจากนี้ยังพบว่าในเนื้อผลกาแฟ

อบแห้งมีปริมาณแอนโทไซยานินมีปริมาณลดลงเพียงหนึ่งเท่าจากปริมาณสารดังกล่าวเริ่มต้น ในขณะที่ปริมาณแอนโทไซยานินดังกล่าวมีปริมาณลดลงมากถึง 10 เท่าเปรียบเทียบกับปริมาณสารดังกล่าวในเนื้อผลกาแฟสด เมื่อทำแห้งโดยวิธีการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ โดยจากผลการทดลองพบว่าปริมาณคาแฟอีนในเนื้อผลกาแฟแห้งจากกระบวนการทำแห้งทั้งสองวิธี มีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณกรดคลอโรจินิกในเนื้อผลกาแฟที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้อยกว่าปริมาณกรดคลอโรจินิกในเนื้อผลกาแฟที่ได้จากการเมื่อทำแห้งโดยการตากแดด ($p<0.05$) ที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ซึ่งจะพบว่าผลการทดลองดังกล่าวไม่สอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานโดย Madrau และคณะ (2009) ว่าปริมาณของกรดคลอโรจินิก จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่ต่ำกว่า ในขณะที่สารสำคัญอื่น ๆ มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยนี้คือ ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอล และปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมดที่มีปริมาณต่ำกว่าในเนื้อผลกาแฟแห้งที่ได้จากการตากแดด เนื่องจากกระบวนการของเอนไซม์ที่ยังคงมีอยู่ในระหว่างการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาตินั่นเอง

ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติมีอุณหภูมิประมาณไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด จึงใช้เวลานานกว่าในการอบแห้ง และเป็นอุณหภูมิที่ยังเอนไซม์บางชนิดยังทำงานได้อยู่ (Madrau และคณะ, 2009) จึงเปิดโอกาสให้เอนไซม์ดังกล่าว ทำงานและทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของสารสำคัญดังกล่าวไปเป็นอนุพันธ์อื่น ๆ (Aikpokpodion and Dongo, 2010) ทำให้สารบางชนิด เช่น แอนโทไซยานินมีปริมาณลดลง และในขณะเดียวกันทำให้สารบางชนิดมีปริมาณเพิ่มขึ้นได้แล้วแต่สมบัติเฉพาะของสารเหล่านั้น

จะเห็นได้ว่าการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด สามารถรักษาสารสำคัญในกาแฟทุกชนิดได้ดีกว่าการตากแห้ง ยกเว้นกรดคลอโรจินิกที่สามารถทนต่อการตากแห้งได้มากกว่าการอบแห้ง ทั้งนี้อาจเนื่องจากเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับสารสำคัญดังกล่าว หยุดการทำงานลงเมื่ออบแห้งโดยใช้วิธีการทำแห้งแบบถาดที่ใช้อุณหภูมิสูงกว่าการตากแห้ง

4.3 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเนื้อผลกาแฟ

จากการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลกาแฟสด พบว่า เนื้อผลกาแฟสดมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่วัดโดยวิธี DPPH assay และ FRAP assay เป็น 16626 มิลลิโมล ในรูปของ

โทรล็อก (trolox) และ 54179 มิลลิโมล ในรูปของกรดแอสคอบิก (ascorbic acid) ต่อเนื้อผลกาแฟแห้ง 100 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 Antioxidant activities of fresh coffee pulp and the pulp after drying with different methods

Antioxidant activity Assay	Fresh pulp	Dried pulp	
		Tray drying	Sun drying
DPPH assay (mmole TE/100 g db)	16626.30 ± 945.67[a]	279.12 ± 22.22[c]	360.26 ± 22.69[b]
FRAP assay (mmole ASE/100g db)	54179.56 ± 427.45[a]	855.84 ± 30.04[c]	2770.67 ± 80.72[b]

* Means with the same superscripts in the rows indicate no significant difference ($p < 0.05$)

TE = trolox equivalent: AS = ascorbic acid equivalent

จากการทดลองพบว่า การทำแห้งทั้งสองวิธีมีผลทำให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ FRAP assays มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) คือลดลงประมาณ 60 เท่าของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเริ่มต้นในเนื้อผลกาแฟสด โดยฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่วิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และ FRAP assays ในเนื้อผลกาแฟที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลกาแฟที่ตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณกรดคลอโรจินิกในเนื้อผลกาแฟ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารสำคัญที่เกี่ยวข้องกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลกาแฟ คือ กรดคลอโรจินิกในเนื้อผลกาแฟนั่นเอง

จะเห็นได้ว่าสารที่ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในแต่ละวิธีการวิเคราะห์นั้น เป็นสารต่างชนิดกัน โดยจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า สารที่มีความสามารถในการจับอนุมูลอิสระ DPPH ในเนื้อผลกาแฟ คือ สารกาเฟอีน และสารที่มีสมบัติในการรีดิวซ์เหล็กในปฏิกิริยาของวิธี FRAP assay คือ กรดคลอโรจินิกในเนื้อผลกาแฟซึ่งเป็นสารประกอบหลักที่พบในเนื้อผลกาแฟ (Mullen, 2011; Esquivel and Jim´enez, 2012) แต่พบว่าปริมาณสารประกอบฟินอลิก และสารประกอบ ฟลาโวนอยด์จากเนื้อผลกาแฟที่ได้จากการทำแห้งด้วยวิธีการตากแดดนั้น น้อยกว่าที่พบในเนื้อผลกาแฟที่ได้จากการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่สารประกอบที่อยู่ในกลุ่มดังกล่าวสลายตัวไปในระหว่างกระบวนการทำแห้งในปริมาณต่างกัน จึงไปลดปริมาณรวมของ

สารประกอบที่อยู่ในกลุ่มทั้งสองกลุ่ม แต่สารประกอบหลักในเนื้อผลกาแฟ คือ กาเฟอีน มีความคงตัวต่อความร้อนที่ได้รับจากการทำแห้งทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน จึงสลายตัวไปในอัตราที่ไม่แตกต่างกัน

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า วิธีการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติจึงเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับใช้กับการทำแห้งเพื่อรักษาสารสำคัญในพืชได้ แต่เป็นวิธีที่ไม่สามารถควบคุมได้เนื่องจากเป็นวิธีที่ขึ้นกับธรรมชาติ ดังนั้นการทำแห้งแบบถาดจึงเป็นทางเลือกหนึ่งแต่ต้องใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นเพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นั้น ยังคงมีการทำงานของเอนไซม์อยู่ ซึ่งอาจจะไปทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของสารสำคัญไปเป็นสารอื่นที่ไม่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ ทั้งนี้มีรายงานว่าอุณหภูมิที่สามารถทำให้สารออกฤทธิ์สำคัญในพืชคงตัว คือ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (Lie, 2009) หรือ 80 องศาเซลเซียส แต่ไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส (Zhou et al, 2011)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมี ชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเนื้อผลกาแฟภายหลังจากการกะเทาะเปลือก

เนื้อผลกาแฟมีปริมาณความชื้นอยู่ร้อยละ 85.15 มีสีแดงออกเหลืองแสดงถึงความแก่ของเนื้อผลกาแฟ โดยพบว่าเมื่ออบแล้วจะทำให้สีของเนื้อผลกาแฟมีสีเข้มมากขึ้น เนื้อผลกาแฟมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้อยู่น้อย คือ 0.60 องศาบริกซ์ และมีปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด 8.83 กรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณเส้นใยที่ละลายไม่ได้ 7.80 กรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม เนื้อผลกาแฟ มีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้อยู่ร้อยละ 0.85 ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ดังกล่าวมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากการทำแห้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำแห้งด้วยวิธีการตากแดด

เนื้อผลกาแฟสด มีปริมาณโพลิฟินอลทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด เป็น 1.68 และ 13.40 กรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ และมีกรดคลอโรจินิก กาเฟอีน และแอนโทไซยานิน เป็น 65.23, 16.49 และ 1.23 มิลลิกรัมต่อตัวอย่างแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของวิธีการทำแห้ง ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

จากการศึกษาผลของวิธีการทำแห้ง ต่อปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ พบว่าปริมาณสารสำคัญ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของเนื้อผลกาแฟ ลดลงอย่างมีนัยสำคัญหลังจากการทำแห้งทั้งวิธีการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ โดยพบว่าปริมาณสารประกอบโพลิฟินอล สารประกอบฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และปริมาณแอนโทไซนิน ในเนื้อผลกาแฟที่ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดมีปริมาณมากกว่า ที่พบในเนื้อผลกาแฟที่ได้จากการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดคลอโรจินิก ในเนื้อผลกาแฟที่ได้จากการตากแดดมีปริมาณมากกว่าปริมาณสารดังกล่าว ที่พบเนื้อผลกาแฟที่ได้จากทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด ในขณะที่ปริมาณกาเฟอีนในเนื้อผลกาแฟที่ได้จากการทำแห้งทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

นอกจากนี้ยังพบว่า ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการวัดด้วยวิธี DPPH assay มีค่าสอดคล้องกับปริมาณกาเฟอีน คือ มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในตัวอย่างแห้งที่ได้จากการทำแห้งทั้งสองวิธี ในขณะที่ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากการวัดด้วยวิธี FRAP assay สอดคล้องกับ

ปริมาณกรดคลอโรจินิก ซึ่งพบว่ามีปริมาณมากกว่าในตัวอย่างที่ทำแห้งโดยวิธีการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติ

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า วิธีการทำแห้งโดยการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการรักษาคุณภาพด้านสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties) ของเนื้อผลกาแฟ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด แต่เนื่องจากวิธีการตากแห้งโดยวิธีธรรมชาติเป็นวิธีที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะของโลกปัจจุบันที่สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงไม่เป็นไปตามฤดูกาล เนื่องจากภาวะโลกร้อน การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด จึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถใช้เป็นทางเลือกที่สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ และมีการลงทุนน้อยกว่ากระบวนการทำแห้งวิธีอื่น ๆ รวมทั้งง่ายต่อการใช้งานของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่อาจไม่มีความชำนาญด้านวิศวกรรมมากนัก แต่การทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดดังกล่าว ควรใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แต่ไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถทำลายเอนไซม์ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการลดลงของสารออกฤทธิ์สำคัญในเนื้อผลกาแฟได้ รวมทั้งยังเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการทำเป็นอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถทำได้ทุกฤดูกาล และสามารถควบคุมการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอมไปยังตัวอย่าง และยังไม่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรคได้

บทที่ 6

เอกสารอ้างอิง

ชุติมณฑน์ พลอยประดับ พุทธพร เจียมศุภกิตต์ และนิรมล ปัญญ์บุศยกุล. 2553. ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของส่วนต่าง ๆ ของผลกาแฟอาราบิก้า และกากกาแฟ ว.วิทย์ กษ 41(3/1)(พิเศษ): 577-580.

อภิชาต จงสกุล. 2552. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2551. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 185น.

Aikpokpodion PE and Dongo LN. 2010. Effects of fermentation intensity on polyphenols and antioxidant capacity of cocoa beans. Int. J. Int. J. Sustain. Crop Prod. 5(4): 66-70. Available online at http://www.ggfagro.com/books/IJSCP/ IJSCP%20V5%2014/MIN-64%20Fermentation%20Aikp(%20NAZ.)%2066-70.pdf, accessed date Dec 8, 2011.

Arellano-González MA, Ramírez-Coronel MaA, Torres-Mancera MaT, Pérez-Morales GG and Saucedo-Castañeda G. 2011. Antioxidant activity of fermented and nonfermented coffee (*Coffea arabica*) pulp extracts. Food Technol. Biotechnol. 49(3): 374-378.

Association of Official Analytical Chemists International. 2000. 17th Edition. Official Methods of Analysis. AOAC International, Gaithersburg, Maryland.

Balay A and Gholap AV. 2009. Characterization and determination of chlorogenic acids (CGA) in coffee beans by UV-Vis spectroscopy. AJPAC. 3(11): 234-240.

Balay A, Ture K, Bedi M and Asfaw A. 2008. Measurement of caffeine in coffee beans with UV/Vis spectrometer. Food Chem. 108(1): 310-315.

Benzie IFF and Strain JJ, 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of ''antioxidant power'': the FRAP assay.Anal. Biochem. 239: 70–76.

Borrelli RC, Visconti A, Mennella C, Anese M and Fogliano V. 2002. Chemical characterization and antioxidant properties of coffee melanoidins. J. Agric. Food Chem. 50: 6527-6533.

Braham JE and Bressani R. 1979. Coffee pulp: Composition, technology. and untilization. The Institute of Nutrition of Central America and Panama. Panama. 95.

Brand-Williams W, Cuvelier ME and Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Sci. Technol. 28: 25–30.

Clarke RJ and Macrae Red. 1987. Coffee 2: Technology. Barking. Essex: Elsevier Applied Science. ISBN 1-85166-034-8. Available online at http://en.wikipedia .org/ wiki/Coffee_processing, accessed date Dec 8, 2011

de Rozo MP, Velez J and Garcia LA. 1985. Effect of polyphenols of coffee pulp on iron absorption. Arch. Latinoam. Nutr. 35: 287-296.

Dimitrios D. 2006. Sources of natural phenolic antioxidant. Trends Food Sci. Technol. 17: 505-512.

Esquivel P and Jim´enez VM. 2012. Functional properties of coffee and coffee by-products, Food Res Int 46(2): 488–495.

Futureceuticals. 2009. Coffeeberry. Available online at http://www.futureceuticals. com/pdfs/productsection/coffeeberry_page/coffeeberry/coffeeberry_marketing _sheet.pdf accessed date: June 12, 2010.

Gorinstein S, Zemser M, Haruenkit R, Chuthakorn R, Grauer F, Martin-Bellose O, and Trakhtenherg S. 1999. Comparison content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. J. Nutr Biochem. 10: 367-371.

Hamid MA, Wen PK, Mamat H Ibrahim SS. 2012. Determinaton of nutritional composition and effect of various storage conditions on the vitamin C content in Gracinia Dulcis, in fresh and dry form. Int J Adv Sci Eng info tech 2(4): 42-47.

Jia Z, Tang M and Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 64, 555–559.

Lee J, Durst RW and Wrolstad RE. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. J. AOAC Int. 88:1269–1278.

Lie BJ. 2009. Effect of sundrying and oven drying on quality of roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linn). Thesis, School of food science and nutirtion, Universiti Malaysia sabah 117p.

Madrau MA, Piscopo A, Sanguinetti AM, Del Caro A, Poiana M, Romeo FV, Piga A. 2009. Effect of drying temperature on polyphenolic content and antioxidant activity of apricots. Eur Food Res Technol 228: 441-448.

Mehansho H, Butler LG and Carlson DM. 1987. Dietary tannins and salivary proline-rich proteins: interactions, induction, and defense mechanisms. Annu. Rev. Nutr. 7: 423-440.

Meyers KJ, Watkins CB, Pritts MP and Liu RH. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. J. Agric. Food Chem. 51: 6887–6892.

Mullen W, Nemzer B, Ou B, Stalmach A, Hunter J, Clifford MN, combet E. 2011. The antioxidant and chlorogenic acid profiles of whole coffee fruits are influenced by the extraction procedures. J Agric Food Chem 59: 3754-3762.

Murthy PS and Naidu MM. 2010. Recovery of phenolic antioxidants and functional compounds from coffee industry by-products. Food Bioprocess Technol. DOI 10.1007/s11947-010-0363-z, Available online at http://www.springerlink.com/content/366xjt1780141744/fulltext.pdf assessed date: June 12, 2011,

Prata ERBA and Oliveira LS. 2007. Fresh coffee husks as potential sources of anthocyanins. LWT-Food Sci. Technol. 40: 1555-1560.

Ramirez-Coronel MA. Marnet N, Kolli VSK, Roussos S, Guyot S and Augur C. 2004. Characterization and estimation of Proanthocyanidins and other phenolics in coffee pulp (Coffea arabica) by thiolysis-high-performance liquic chromatography. J. Agric. Food Chem. 52: 1344-1349.

Ramirez-Martinez JR. 1998. Coffee pulp is a by-product, not a waste. Tea & Coffee Trade Journal. Available online at http://www.allbusiness.com/manufacturing/food- manufacturing-food-coffee-tea/685419-1.html, accessed date: June 12, 2010.

Ramirez-Martinez JR. 2006. Phenolic compounds in coffee pulp: Quantitative determination by HPLC. J. Sci. Food Agric. 43: 135-144.

Ramulu P and Rao PU. 2003. Total, insoluble and soluble fiber contents of Indian fruits. J. Food Compos. Anal. 16(6): 677-685.

Rojas JBU, Verreth JAJ, van Weerd JH and Huisman .A. 2002. Effect of different chemical treatments on nutritional and antinutritional perperties of coffee pulp. Anim. Feed Sci. Technol. 99: 195-204.

Shahidi F and Naczk M. 2003. Food phenolics: Sources, chemistry, effects, applications. CRC Press, 576p.

Shamitko N. 2010. De-oxidize with coffee-berry. Available online at http://www.needs.com/product/ NDNL-0607-02/a_Antioxidants, accessed date: June 12, 2010.

Singleton VL and Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic phosphotungstic acid reagent. Am. J. Enol. Vitic. 16, 144-158.

Slatnar A, Klancar U, Stampar F, Veberic R. 2011. Effect of drying of figs (Ficus carica L.) on the contents of sugars, organic acids , and phenolic compounds. J Agri Food Chem 59, 11696–11702.

Spiller,GA. 1998. Cafeine. CRC Press, US, 377p.

Toontom N, Meenune M, Posri W and Lertsiri S. 2012. Effect of drying method on physical and chemical quality, hotness and volatile flavour characteristics of diried chilli. Int Food Res J 19(3): 1023-1031.

Zhou C-H, Li X, Sun C-de, Xu Chang-J, Chen KS. 2011. Effects of drying methods on the bioactive components in loquat (Eriobotrya joponica Lindl.) flowers. J MED PLANTS RES. 5(14): 3037-3041.

ภาคผนวก

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ - สกุล นางสาว นิรมล ปัญญ์บุศยกุล
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ (ถ้ามี) หรือ รหัสบัตรประจำตัวประชาชน: 3249900082853
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร
หมายเลขโทรศัพท์ 053-916738 โทรสาร 053-916739
และ E-mail address niramol@mfu.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

2002-2007 Ph.D. Biotechnology
School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand

1993-1996 M.Sc. Food Scince
Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

1989-1993 B.Sc. Biotechnology
Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

5. ประวัติการทำงาน

June 2005 to Jan 2007: Visiting Research Scholar from Interconnect Focus Center in Rensselaer of Carbon Nanomaterials Research Group, Material Research Center at Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York, USA

2000 to present: Lecturer at Department of Food Technology, School of Industrial-Agro Food, Mae Fah Luang University, Chengrai, Thailand

1996-2000 Lecturer at Department of Food Science, Faculty of Science, The University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, Thailand.

1998-2000 Assistance Head of Department of Food Science, Faculty of Science, The University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, Thailand.

2000 Secretary of Associate Dean for Academic Affairs, Faculty of Science, The University of the Thai Chamber of Commerce, Bangkok, Thailand.

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- Antimicrobial and antioxidant properties of agricultural materials

7. ประวัติการนำเสนอผลงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โปรดระบุชื่อเรื่องของผลงาน ชื่อการประชุม สถานที่ วัน เวลา ตามระบบสากล

ผลงานนำเสนอแบบโปสเตอร์

1. Kristanti RA, **Punbusayakul N.** Inhibitory Effect of Commercial Assam Green Tea Infusion in Watermelon Juice. The International Symposium: GoOrganic2009, August 19-21, 2009 at Pullman Bangkok King Power Hotel, Bangkok, Thailand
2. Paiyarach D, **Punbusayakul N.** Nutritional Quality and a Prospected Functional Food Ingredient of Thai Lotus (Nelumbo nucifera) seed. Annual Conference 47th, March 17-20, 2009 at Kasetsart University, , Bangkok, Thailand.
3. Phensaijai M, Apntanapong M, Premsri T and **Punbusayakul N.** 1999.Reduction of Cadmium by Bacillus megatherium, Proteus vulgaris and Zoogloea ramigera. In CD-ROM The 5th Asia-pacific Biochemical Engineering Conference 1999 and the 11th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology, 15-18 November 1999 Arcadia Hotel & Resort, Phuket, Thailand.
4. **Punbusayakul N.** 1999. Smoking Charcoal Production from Flavored Source Manufacturing Waste. In Proceeding of 10th World Congress of Food Science and Technology, 3-8 October 1999, Sydney, Australia. 80p.
5. **Punbusayakul N.** and Rattanatharathorn W. 1999. Production of Scented Coconut (Cocos mucifera Linn.) Juice Wine. In Proceeding of the 30th Year Kaset Chaokhun, 24-25 June 1999, KMITL, Bangkok, Thailand. 399-467 (Proceedings). (in Thai)
6. Apintanapong M, **Punbusayakul N.** and Phensaijai M. 1997. Reduction of Xylitol from D-xylose by Candida guilliermondii NCYC and Candida tropicalis ATCC 9968. In Proceeding of 23th Congress on Science and Technology of Thailand, 20-22 October 1997, The Lotus Hotel Pang Suan Kaew, Chieng Mai, Thailand. 614-615pp.

ผลงานนำเสนอแบบปากเปล่า

7. **Punbusayakul N,** Surareungchai W, Electrochemical Sensing Properties Characterization of As-grown Carbon Nanotubes, Pure and Applied Chemistry International Conference 2010 (PACCON 2010), January 21-23, 2010, Sunee Grand Hotel and Convention Center, Ubon Ratchathani, Thailand.
8. Renita W, Sampantawong S, **Punbusayakul N,** Effect of Extraction Conditions on Assam Green Tea, The 2nd Meeting of Center for Research and Development of Tropical and Sub-tropical Crops, August 21-22, 2008, The Twin Towers Hotel, Bangkok Thailand.
9. Kristanti RA, **Punbusayakul N,** Antioxidant and Antimicrobial Activity of Commercial Green Tea in Chiang Rai, Asia-Pacific Symposium on Assuring Quality and Safety of Agri-Foods APS2008 Book of Abstracts; August 4-6, 2008, Bangkok, Thailand. Punbusayakul N, Talapatra S, Ci L, Surareungchai W, Ajayan PM. Electrochemical Properties of Macro Architectures of Carbon Nanotube Electrodes. The 209th Electrochemical Society International Conference 2006: May 7-11, Denver, Colorado USA.
10. Kristanti RA, Sampanvejsobha S, **Punbusayakul N.** Susceptability Testing of Commercial Green Tea in Chiang Rai Against Pathogenic Bacteria. Tea International Conference on Tea Production and Tea Products, November 26-28, 2008 at Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand.
11. **Punbusayakul N,** Talapatra S, Ci L, Surareungchai W, Ajayan PM, 2007, Comparison of Edge Plane Pyrolytic Graphite and Novel Carbon Nanotubes Architectures Electrochemical Properties. German-Thai Symposium in Nanoscience and Nanotechnology, September 8-11, Bangsaen Beach, Chonburi, Thailand.
12. **Punbusayakul N,** Ci L, Talapatra S, Surareungchai W, Ajayan PM. Electrochemical Sensing Properties of Ultra Long Aligned Multi-Walled Carbon Nanotube Microelectrodes. 2006 MRS Fall Meeting, November 27 - December 1, Boston, Massachusetts USA.
13. **Punbusayakul N,** Talapatra S, Ci L, Surareungchai W, Ajayan PM, 2007, Comparison of Edge Plane Pyrolytic Graphite and Novel Carbon Nanotubes Architectures Electrochemical Properties. German-Thai Symposium in Nanoscience and Nanotechnology Proceeding 2007, September 8-11, Bangsein Beach, Chonburi, Thailand.

เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ (Conference proceedings)

14. **Punbusayakul N,** Surareungchai, W. Electrochemical Sensing Properties Characterization of As-grown Carbon Nanotubes, Pure and Applied Chemistry International Conference 2010 (PACCON 2010), January 21-23, 2010, Sunee Grand Hotel and Convention Center, Ubon Ratchathani, Thailand (Proceedings in progress)..
15. Kristanti RA, **Punbusayakul N.** Inhibitory Effect of Commercial Assam Green Tea Infusion in Watermelon Juice. The International Symposium: GoOrganic2009, August 19-21, 2009 at Pullman Bangkok King Power Hotel, Bangkok, Thailand (Proceedings in progress).
16. Paiyarach D, **Punbusayakul N.** Nutritional Quality and a Prospected Functional Food Ingredient of Thai Lotus (Nelumbo nucifera) seed. Annual Conference 47th ,March 17-20, 2009 at Kasetsart University, , Bangkok, Thailand,.proceedings 671-678.
17. Renita W, Sampantawong S, **Punbusayakul N.** Effect of Extraction Conditions on Assam Green Tea, The 2nd Meeting of Center for Research and Development of Tropical and Sub-tropical Crops, Proceedings, Oral Presentation, August 21-22, 2008, The Twin Towers Hotel, Bangkok Thailand.
18. Kristanti RA, **Punbusayakul N.** Antioxidant and Antimicrobial Activity of Commercial Green Tea in Chiang Rai, Asia-Pacific Symposium on Assuring Quality and Safety of Agri-Foods APS2008 Book of Abstracts; August 4-6, 2008, Bangkok, Thailand. (in progress proceedings)
19. Kristanti RA, Sampanvejsobha S, **Punbusayakul N.** Susceptability Testing of Commercial Green Tea in Chiang Rai Against Pathogenic Bacteria. Tea International Conference on Tea Production and Tea Products, November 26-28, 2008 at Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand Proceedings 137-144p.
20. **Punbusayakul N,** Ci L, Talapatra S, Surareungchai W, Ajayan PM. Electrochemical Sensing Properties of Ultra Long Aligned Multi-Walled Carbon Nanotube Microelectrodes, MRS Symposium Proceeding 2007; 963: Article No. 0963-Q21-05 November 27 - December 1, 2006, Boston, Massachusetts USA.
21. **Punbusayakul N,** Talapatra S, Ci L, Surareungchai W, Ajayan PM, 2007, Comparison of Edge Plane Pyrolytic Graphite and Novel Carbon Nanotubes Architectures Electrochemical Properties. German-Thai Symposium in

Nanoscience and Nanotechnology Proceeding 2007; (Oral Presentation) 38-42 Article No. QA-05 September 8-11, Bangsaen Beach, Chonburi, Thailand.

8. ประวัติการเผยแพร่ผลงานวิจัย ทั้งภายในและภายนอกประเทศ โปรดระบุชื่อเรื่องผลงาน ชื่อวารสาร ตามระบบสากล

วารสารวิชาการระดับนานาชาติ

1. Kristanti RA and **Punbusayakul N.** Inhibitory effect of commercial asam green tea infusion in watermelon juice. As.. J. Food & Ag-Ind.. 2009; 2: (In press): special issue.
2. Kristanti RA and **Punbusayakul N.** Antioxidant and antimicrobial activity of commercial green tea in Chiang Rai. Acta Hort. (ISHS) 2009; 837:53-58
3. **Punbusayakul N,** Talapatra S, Ci L, Surareungchai W, Ajayan PM. Double Walled Carbon Nanotube electrodes for Electrochemical Sensing, Electrochem. Solid-State Lett 2007; 10: F13-F17. (impact factor : 2.009)
4. **Punbusayakul N,** Ci L, Talapatra S, Surareungchai W, Ajayan PM. Ultralong aligned multi-walled carbon nanotube microelectrodes for electrochemical sensing. J Nanosci. Nanotech. 2007 (In press); 8: 1-6. (impact factor : 2.194)
5. Thanaboripat D, Premsri T, **Punbusayakul N** and Sukcharoen O. Effect of Food Preservatives on Growth and Aflatoxin Production of Aspergillus flavus in Liguid Medium. ASEAN Food Journal 1996; 11(2) 61-64pp.

วารสารวิชาการระดับชาติ

6. **Punbusayakul N.** Use of Defatted Soy Flour for Partially Replacing of Wheat Flour in Butter Cakes. UTCC 2000; 20(1): 22-29. (in Thai)
7. **Punbusayakul N.** Use of Defatted Soy Flour for Partially Replacing of Wheat Flour in Cookies. UTCC 1999; 19(4): 3-9. (in Thai)
8. **Punbusayakul N.** 1999. Utilization of Defatted Soy Flour for Partial Replacing of Wheat Flour in Chiffon Cake. Food. 29(3): 180-186p. (in Thai)
9. **Punbusayakul N.** HACCP and Hurdle Technology. Food 1999; 29(4): 299-302. (in Thai)
10. **Punbusayakul N.** Waste as Protein Source. UTCC 1999; 19(1): 8-15. (in Thai)
11. **Punbusayakul N.** Fruit and Vegetable Pigments. UTCC1998; 18(2): 6-14. (in Thai)

9. ผลงานวิจัยที่ได้รับการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา หรือผลงานวิจัยที่อยู่ระหว่างการยื่นขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

-

10. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและต่างประเทศ โดยระบุตำแหน่งหน้าที่ในการทำการวิจัย ว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย และระบุสถานภาพของงานวิจัยด้วย

-

10.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อข้อเสนอโครงการวิจัย สัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%) คณะผู้วิจัย และสถาบันร่วมวิจัย แหล่งทุน ปีที่ได้รับทุน การเผยแพร่ผลงานวิจัย

-

10.2 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอโครงการวิจัย สัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%) คณะผู้วิจัยและสถาบันร่วมวิจัย แหล่งทุน ปีที่ได้รับทุน และสถานภาพของงานวิจัย

ชื่อโครงการ การสร้างหมู่ฟังก์ชันให้คาร์บอนนาโนทูปส์โครงสร้างใหม่เพื่อประยุกต์ใช้ด้านไบโอเซนเซอร์

แหล่งทุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ระยะเวลาโครงการ 2 ปี

(พฤษภาคม 2551 – พฤษภาคม 2553 และขยายระยะเวลาถึง เดือนตุลาคม 2553)

งบประมาณที่ได้รับ 360,000 บาท

สถานภาพ หัวหน้าโครงการ

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - สกุล นางสาว สุทธิวัลย์ สีทา
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ (ถ้ามี) หรือ รหัสบัตรประจำตัวประชาชน: -
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

   หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก สำนักวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

   หมายเลขโทรศัพท์ 053-916738 โทรสาร 053-916739

   และ E-mail address sutthiwal@hotmail.com
4. ประวัติการศึกษา

2002-2005	Ph.D. Applied Bioscience Hiroshima Prefectural University, Japan
1996-1999	M.Sc. Postharvest Technonogy King Mongkut`s University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand
1990-1995	B.Sc, Food Technology Ramkhamhaeng University, Bangkok, Thailand

5. ประวัติการทำงาน

2007- Present	Lecturer in School of Agro-Industry, Mae Fah Luang University
2005-2007	Postdoctoral Researcher, Prefectural University of Hiroshima, Japan
2000-2002	Research assistant, Fruit Growth Physiology Laboratory, Hiroshima Prefectural University, Hiroshima Japan
1999-2000	Lecturer in Postharvest Technology Division, King Mongkut`s University of Technology Thonburi, Thailand
1997-1998	Research exchanges student, Laboratory of pomology, Institute of Agricultural and Forest, University of Tsukuba, Japan
1995-1996	Quality control supervisor in Anglo-Siam Seafood company, Samuthphrakan, Thailand

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   - Physiology and/ Molecular
   - Handling Technology
   - Active Packaging
7. ประวัติการนำเสนอผลงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โปรดระบุชื่อเรื่องของผลงาน ชื่อการประชุม สถานที่ วัน เวลา ตามระบบสากล

8. ประวัติการเผยแพร่ผลงานวิจัย ทั้งภายในและภายนอกประเทศ โปรดระบุชื่อเรื่องผลงาน ชื่อวารสาร ตามระบบสากล

วารสารวิชาการระดับนานาชาติ

1. A. Kongsuwan, Suthiluk P., Theppakorn T., Srilaong V. and **Setha S.** Bioactive compounds and antioxidant capacities of Phulae and Nanglae pineapple. J. Food Ag-Ind. 2009, Special Issue, S44-S50
2. **S. Setha** and S. Kondo. Abscisic acid levels and anti-oxidant activity are affected by an inhibitor of cytochrome P450 in apple seedlings. J. Hort. Sci. Biotech. Vol. 84 (3). 340-344. 2009.
3. S. Kondo, H. Yamada and **S. Setha**. Effect of jasmonates differed at fruit ripening stages on 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) synthase and ACC oxidase gene expression in pears. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132:120-125. 2007.
3. **S. Setha** and S. Kondo. Water stress, ABA regulation, and antioxidant activity in apple seedlings. J. Jpn. Soc. Hort Sci. Supple. pp. 57, 2007.
4. **S. Setha**, S. Kondo, N. Hirai, and H. Ohigashi. Changes of **X** anthoxin levels during fruit development in sweet cherries. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 75(2):185-187. 2006.
5. S. Kondo and **S. Setha**. Effect of calcium application on fruit quality of apples produced in warm regions. Environ. Cont. Biol. 43: 21-25, 2005.
6. **S. Setha**, Kondo S, Hirai N, Ohigashi H. Quantification of xanthoxin, ABA and ABA metabolite in sweet cherries using deuterium-labeled for internal standard. J. Plant Growth Regul. 45 (3), 183-188. 2005.
7. Kondo, S., **Setha S.**, Rudell, D.R., Buchanan, D.A. and Mattheis, J.P. Aroma volatile biosynthesis in apples affected by 1-MCP and methyl jasmonate. Postharvest Biology and Technology. 36, 61-68. 2005.
8. **S. Setha** and S. Kondo. The interaction between jasmonates and abscisic acid during ripening of apple fruit. Proc. 5th Int. Symp. Eds. F. Mencarelli and P. Tonutti. Acta Hort. 628, Vol. 1, ISHS 2005.
9. **S. Setha**, S. Kondo, N. Hirai, and H. Ohigashi. Xanthoxin, abscisic acid and its metabolite levels associated with apple fruit development. Plant Science, 166 (2), 493-499. 2004.
10. **S. Kondo**, K. Sungcome, S. Setha, and N. Hirai. ABA catabolism during development and storage in mangoes: Influence of jasmonates. J. Hort. Sci. Biotechnol.79:891-896. 2004.

11. **S Setha**, Kondo S, Hirai N, Ohigashi H. Xanthoxin, abscisic acid and its metabolite levels associated with fruit development in sweet cherries. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. Supple. 73 (Supple 2): 9:2004.
12. S. Kondo, **S. Setha**, J. Matteis. Aroma volatile biosynthesis in apples affected by 1-MCP and methyl jasmonates. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. Supple. 73 (Supple 2): 9: pp. 604, 2004.
13. **S. Setha**, Kondo S. The interaction between methyl jasmonate and abscisic acid in 'Orin' apple fruit. 5th international post harvest symposium. Verona, Italy (6-11 June 2004). pp. 78.
14. **S Setha**, Kondo S, Hirai N, Ohigashi H. Abscisic acid levels associated with apple fruit growth. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. Supple. 72 (2): 567. 2003
15. S. Kondo, W. Ponrod, and **S. Setha.** Polyamines in developing mangosteens and their relationship to postharvest chilling injury. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 72 (4): 318-320. 2003.
16. **S. Setha**, S. Kanlayanarat and H. Gemma. Chitosan coating; effect of various molecular weights on storability and quality of banana. Proceeding of APEC symposium on postharvest handling systems、 Bangkok, Thailand, 1-3 September 2003. (In press).
17. **S. Setha**, S. Kanlayanarat and H. Gemma. The effect of chitosan, sucrose fatty acid ester and wax coating on delay ripening of banana. Proceeding of APEC symposium on postharvest handling systems、 Bangkok, Thailand, 1-3 September 2003. (In press).
18. **S. Setha**, S. Kanlayanarat and H. Gemma. Use of Chitosan coating to extend the storage life of Cavendis banana. Proceeding of APEC symposium on postharvest handling systems、 Bangkok, Thailand, 1-3 September 2003. (In press).
19. **S. Setha**, S. Kanlayanarat and H. Gemma. Effect of various molecular weights of chitosan coating on the ripening of Cavendish banana. in International Postharvest Symposium 2000, Jerusalem, Israel, 26th-31st March 2000.
20. **S. Setha**, A. Uthairatanakij, S. Kanlayanarat, and H. Gemma. Chitosan coating delays ripening of Cavendish banana. in International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits, Cairns Australia, 26th November- 1st December 2000. pp. 84
21. **S. Setha**, A. Uthairatanakij, S. Kanlayanarat, and H. Gemma. The use of edible coatings for delay ripening of Cavendish banana. in International

Symposium on Tropical and Subtropical Fruits, Cairns Australia, 26th November- 1st December 2000. pp. 85

22. **S. Setha**, S. Kanlayanarat and V. Srilaong. Change in polyamine level and peroxidase activities in 'Khakdam' papaya (*carica papaya L.*) under low temperature storage conditions. Quality Assurance in Agricultural Produce, ACIAR Proceeding No. 100. Proceedings of 19th ASEAN and 1st APEC Seminar on Postharvest Technology, Ho Chi Min City, Vietnam, 9-12th November 1999. p. 593-598.

วารสารวิชาการระดับชาติ

1. **S. Setha** and M. Naradisorn. Role of methyl jasmonate on postharvest quality of horticultural crops. Agricultural Sci. J. 40(3)(Suppl.): 369-372, 2009.
2. มัลลิกา วงศ์จันตา ชลธิชา ปินใจ และ **สุทธิวัลย์ สีทา.** การลดอาการสะท้านหนาวของผลสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแลในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. การประชุมวิชาการโครงงานอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ระดับชาติ ครั้งที่1: 450-453, 27-29 มี.ค. 2552. กรุงเทพฯ

9. ผลงานวิจัยที่ได้รับการจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา หรือผลงานวิจัยที่อยู่ระหว่างการยื่นขอจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา

-

10. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและต่างประเทศ โดยระบุตำแหน่งหน้าที่ในการทำการวิจัย ว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย และระบุสถานภาพของงานวิจัยด้วย

-

10.1 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อข้อเสนอโครงการวิจัย สัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%) คณะผู้วิจัย และสถาบันร่วมวิจัย แหล่งทุน ปีที่ได้รับทุน การเผยแพร่ผลงานวิจัย

1.ชื่อโครงการ: การลดอาการสะท้านหนาวของผลสับปะรดพันธุ์นางแลและภูแลในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

ระยะเวลาโครงการ 8 เดือน ตั้งแต่ 1 ส.ค. 2551 ถึง 31 มี.ค. 2552

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โครงงานอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี (IRPUS)

งบประมาณที่ได้รับ 100,000 บาท

สถานภาพ หัวหน้าโครงการ

2. ชื่อโครงการ: สารออกฤทธิ์สำคัญในสับปะรดพันธุ์ที่ผลิตเพื่อทางการค้าในประเทศไทย

ระยะเวลาโครงการ 1 ปี ตั้งแต่ 1 กันยายน 2551 ถึง 31 สิงหาคม 2552

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
งบประมาณที่ได้รับ 622,160 บาท
สถานภาพ หัวหน้าโครงการ

3. ชื่อโครงการ: องค์ประกอบในน้ำคั้นและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสับปะรดพันธุ์ต่างๆที่ปลูกในประเทศไทย
ระยะเวลาโครงการ 8 เดือน ตั้งแต่ 1 มิถุนายน 2552 ถึง 28 กุมภาพันธ์ 2553
แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
งบประมาณที่ได้รับ 100, 000 บาท
สถานภาพ หัวหน้าโครงการ

10.2 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอโครงการวิจัย สัดส่วนที่ทำงานวิจัย (%) คณะผู้วิจัยและสถาบันร่วมวิจัย แหล่งทุน ปีที่ได้รับทุน และสถานภาพของงานวิจัย

ชื่อโครงการ: บทบาทของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชต่อการต้านอนุมูลอิสระและอาการไส้สีน้ำตาล ในสับปะรดพันธุ์ภูแลและนางแล
ระยะเวลาโครงการ 2 ปี ตั้งแต่ 2553 – 2555 (รอเซ็นสัญญา)
แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
งบประมาณที่ได้รับ 480,000 บาท
สถานภาพ หัวหน้าโครงการ

****