



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วและการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน

โดย

นางสาวเสน่ห์ บัวสนิท และคณะ

เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2561

เลขที่สัญญาRDG60A0002/11

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วและการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน

คณะผู้วิจัย

1.นางสาวเสน่ห์ บัวสนิท คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
2.นางสาวสุภาพร พาเจริญ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
3.นางสาวจันทร์เพ็ญ บุตรใส คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
4.นางสาววรรภา วงศ์แสงธรรม คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วและการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนได้รับงบประมาณสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย(สกว) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยหน่วยวิจัยนวัตกรรมเพื่อชุมชนและสังคม สถาบันวิจัยและพัฒนา ในการพัฒนาโจทย์วิจัยการศึกษาจุดดำในแห้วต้มและการใช้ประโยชน์จากน้ำต้มแห้วและเปลือกแห้วหลังกระบวนการตัดแต่งครั้งนี้ หากไม่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณคงไม่สามารถดำเนินการได้สำเร็จลุล่วงได้ รวมถึงความร่วมมือจากกลุ่มผู้แปรรูปแห้ว กลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้วอ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี จ่าสิบเอกอนันต์ ดอกกุหลาบ ผู้ประสานงานกลุ่มและร่วมดำเนินกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยี และคณะผู้ร่วมวิจัยในการสำรวจ วิจัยศึกษาทดลอง และร่วมถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปผลิตภัณฑ์ จึงทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการการศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วและการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นโครงการวิจัยที่ได้รับได้รับงบประมาณสนับสนุนงานวิจัยจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย(สกว) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ โดยหน่วยวิจัยนวัตกรรมเพื่อชุมชนและสังคม สถาบันวิจัยและพัฒนาให้พัฒนางานวิจัยต่อจากปีที่ผ่านมาโดยในปีที่ผ่านมาจากการลงพื้นที่และถ่ายทอดความรู้การแปรรูปและการใช้ประโยชน์จากน้ำต้มแห้ว ชุมชนมีความต้องการในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตแห้ว และต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการขอมาตรฐาน GMP เพื่อสามารถขอเลขทะเบียนอาหารให้กับผลิตภัณฑ์แปรรูปได้และงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการเกิดลักษณะจุดดำในแห้วทางกายภาพและเคมีการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มแห้วในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแห้วโดยอาศัยการมีส่วนร่วมและเพื่อยกระดับการผลิตภัณฑ์จากแห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่ระบบมาตรฐานอาหารปลอดภัยโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยพบว่าการศึกษาการเกิดลักษณะจุดดำในแห้วทางกายภาพและเคมีโดยการหาปริมาณโปรตีน น้ำตาลรีดิวส์ และการศึกษาภาพตัดขวาง พบว่าจากผลการทดลองพบว่า การที่แห้วมีสีคล้ำหลังจากการปอกเปลือกพบว่า เกิดจากการเกิดสีน้ำตาลจากการทำงานของเอนไซม์เป็นผลมาจากเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol Oxidase: PPO) ภายในเซลล์ของแห้ว ที่เมื่อปอกเปลือกแล้วมีโอกาสสัมผัส และทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟินอลิก (phenolic compounds) เกิดเป็นสารประกอบพวกเมลานิน (melanin) ที่มีสีน้ำตาล ทั้งนี้มีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อคุณลักษณะ และ Activity ของ PPO เช่น pH อุณหภูมิ เพื่อลดการเกิดสีน้ำตาลจึงมีการศึกษาการแช่แห้วในน้ำส้มจากน้ำต้มแห้ว พบว่าการแช่แห้วด้วยน้ำส้มจากน้ำต้มแห้วนานอย่างน้อย 6 ชั่วโมงสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลของแห้วที่ปอกเปลือกแล้วได้ และจากการระดมความคิดร่วมกับกลุ่มในการจัดการยกระดับการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าสู่มาตรฐานโดยอาศัยการมีส่วนร่วมในการประโยชน์จากแห้วของกลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้วมีการเตรียมการเกี่ยวกับการยกระดับการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าสู่มาตรฐาน โดยได้จัดกิจกรรมการระดมความคิดร่วมกับกลุ่มกลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้วโดยมีการวางแผนในการพัฒนาสถานที่ผลิต การจัดการสุขลักษณะส่วนบุคคลจากการดำเนินงานการยกระดับผลิตภัณฑ์ชาจากเปลือกแห้ว ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดและแทนนิน พบว่า ระยะเวลาในการชงชาที่มากขึ้น มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดและแทนนินที่เพิ่มมากขึ้น การทดสอบทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพร พบว่า น้ำชาเปลือกแห้วผสมขิง ได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุดือ รองลงมา คือ ชาเปลือกแห้วผสมมะตูมและตะไคร้ ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำชาที่ได้ทั้งหมดมีสีแดงออกน้ำเงินเล็กน้อย มีค่าความสว่างปานกลาง (moderateLight, Less Red, Less Blue) มีค่าความเป็นกรดด่างมีค่าไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วงเป็นกลาง จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้ว พบว่ามีปริมาณTotal Acidity as acetic acid อยู่ระหว่าง2.70 -3.52g/100mlปริมาณArsenic(As),Copper(Cu),Iron(Fe) มีค่าน้อยกว่าLOQ ในตัวอย่าง ไม่พบปริมาณLead(Pb) ปริมาณSulphur dioxide(SO2) มีมากกว่าปริมาณที่กำหนด และผลจากการระดมความคิดร่วมกับกลุ่มในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ได้ลักษณะของกล่องชา ซองใส่ถุงชาและน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วโดยมีรายละเอียดตามที่กลุ่มกำหนด

Executive summary

The studies of black spot formation in chestnut and rise products to standard certify by using public participation was supported by Thailand research fund (TRF) and innovative for community center, research and development institute, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. These studies developed from the result of last year; research included fieldwork and technology transfer about utilization of water from boiled chestnut. People in the area were interested in products values added and development of Good Manufacture Practice (GMP) for Food and Drug Administration (FDA) approves. Thus, the objective of these studies were to study physical and chemical properties of black spot in chestnut and utilization of chestnut vinegar by using public participation for FDA approves. The results founded that, the color of chestnut was changed after peeled to darker due to the enzymatic browning reaction from Polyphenol Oxidase (PPO) activity. Browning pigments were the chemical reaction between PPO and phenolic compound which called “melanin”. Many factors can affect the PPO activity such as pH and temperature. Soaking peeled chestnut with chestnut vinegar for 6 hours can reduce browning of peeled chestnut. The results from brain storming by women house wives group shown that, they should develops production area and personal hygiene for rise products to standard certify and develop chestnut dried peel tea for chestnut value added. Chemical analysis of chestnut dried peel tea shown that when increase time for making tea (soaking) phenolic compound and tennin were increased too. Sensory evaluation of chestnut dried peel tea shown that tea mixed with ginger has highest score in color, odor, taste and overall acceptance follow by tea mixed with beal and tea mixed with lemon grass, respectively. The colors of all tea were reddish blue and moderate light. pH of tea were neutral. Chemical analysis of chestnut vinegar were found that, total acidity (as acetic acid) was 2.70 -3.52g/100ml. Arsenic (As), Copper (Cu) and Iron (Fe) content were less than Limit of Quantitation (LOQ) and not detected in Lead (Pb) content. However, Sulphur dioxide (SO_2) content was over than standard quantity. The last, group was also brain storming about packaging design of tea as well.

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ RDG60A0002/11

ชื่อโครงการ **การศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วและการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน**

หัวหน้าโครงการ **นางสาวเสน่ห์ บัวสนิท**

ระยะเวลาดำเนินงาน **1 ปี (ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม2560ถึงวันที่1 มีนาคม2561)**

การศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วและการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเกิดลักษณะจุดดำในแห้วและการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มแห้วในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแห้ว พบว่าในเปลือกแห้ว, จุดดำตรงกลางและเนื้อแห้ว มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด เท่ากับ 148.43, 89.50 และ75.25 mg Gallic acid/100g ตัวอย่างตามลำดับ และพบว่าในเปลือกแห้ว, จุดดำตรงกลางและเนื้อแห้วมีความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น (DPPH scavenging activity) เท่ากับ72.65 %, 63.10% และ 45.16 % ตามลำดับ แห้วมีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 0.33 μg/g และมี PPO activity เท่ากับ 0.087 units/mg protein สำหรับ crude PPO จากเนื้อแห้วมี optimum pH เท่ากับ 5.0 มีกิจกรรมเหลืออยู่ 34.18 % ที่ pH 3.0 และเหลืออยู่ 11.23 % ที่ pH 9.0 ในแห้วมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 5.54g/100g โดยมีน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ1.27g/100g และมีน้ำตาลนอนรีดิวซ์เท่ากับ 4.27g/100g เมื่อนำน้ำส้มแห้วแช่แห้วสดที่ปอกเปลือกแล้วนาน 6 ชั่วโมง จะสามารถลดการเกิดจุดดำได้โดยไม่ทำให้ลักษณะปรากฏของแห้วสดปอกเปลือกแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลง ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นชาแห้วพบว่าในน้ำชาที่ใช้ระยะเวลาในการชงที่แตกต่างกัน คือ 2 4 6 8 และ 10 นาที จะมีปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 3.11 mg Gallic acid /100ml. เป็น 5.49 mg Gallic acid/100ml. และปริมาณสารแทนนิน เพิ่มขึ้นจาก3.15 mg tannin acid /100 ml. เป็น 5.247 mg tannin acid /100 ml. ส่วนค่าสี L* a* b* ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ของน้ำชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพรพบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของน้ำชาทั้ง 4 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ($p>0.05$) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ค่า pH อยู่ในช่วงเป็นกลางคือ 6.95 - 7.34 ปริมาณTotal Acidity as acetic acid ของน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วอยู่ระหว่าง 2.70 -3.52 g/100ml ปริมาณ Sulphur dioxide(SO_2) มีปริมาณ 39.47 – 459.40 mg/kg ปริมาณArsenic(As) , Copper(Cu), Iron(Fe) มีปริมาณ 0.122 ,0.62 และ 1.72 mg/kg ตามลำดับ และไม่พบปริมาณ Lead (Pb) ในตัวอย่างชา

คำสำคัญ แห้ว จุดดำ ปริมาณฟีนอลิก ชาเปลือกแห้ว น้ำส้มจากน้ำต้มแห้ว

Abstract

The study on black point in water chestnut (WC) and the rise standards of the WC process for standard requests by community participation. This study aim to investigate black point in physicochemical property, utilization on vinegar from WC for standard certify by community participation. The result showed that the total phenolic content on WC peel, black point and WC pulp were 148.43, 89.50 and 75.25 mg GAE/100g, respectively. Moreover, DPPH scavenging activity in WC peel, black point and and WC pulp were 72.65%, 63.10% and 45.16%, respectively. Protein content in chestnut was 0.33 µg/g and PPO activity as 0.087±0.001 units/mg protein. Crude PPO from WC pulp has optimum pH at pH 5, PPO activity remain 34.18% at pH3 and 11.23% and pH 9. In addition, the total sugar as 5.54 g/100g, reducing sugar as 1.27g/100g and non-reducing as 4.27/100g. The utilization on WC fresh soaking in vinegar, the result showed that WC fresh can soaking for reduce black spot for 6 h. The total phenolic content and tannin in WC tea at difference time for soaking as 2,4,6,8 and 10 min, the result showed when increase time for soaking the total phenolic content and tannin value in WC tea increase from 3.11 to 5.49mg GAE/100g and 3.15 to 5.24 mg tannin acid/100g. The L* a* b*, acidity, total soluble solid of WC tea were L* of all sample has significant level at $p>0.05$,a* and b* not significant ($p<0.05$), pH 2.75-3.52.The vinegar from WC has total acidity as acetic acid between 2.7-3.52 g/100g, sulphur dioxide content 39.47 - 45.40 mg/kg. Arsenic (As), copper (Cu), Iron (Fe) were 0.122, 0.62 and 1.72 mg/kg, respectively and not detect Lead (Pb) in sample.

Keywords Water chestnut , water chestnut black spot , phenolic content, peel water chestnut tea , vinegar from water chestnut

สารบัญ

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
ระเบียบวิธีวิจัย	9
บทที่ 2 การดำเนินงานด้านการพัฒนาระบบบริหารจัดการงานวิจัย	14
ผลการศึกษาการเกิดลักษณะจุดดำในแห้วทางกายภาพและเคมี	15
พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อต่อยอดการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสนับสนุนการยกระดับผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย	19
ผลการระดมความคิดร่วมกับกลุ่มในการจัดการยกระดับการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าสู่มาตรฐานโดยอาศัยการมีส่วนร่วมในการประโยชน์จากแห้วของกลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้ว	21
บทที่ 3 การดำเนินงานด้านการพัฒนางานวิจัยเชิงประเด็น	31
บทที่ 4 ข้อวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย	34
บรรณานุกรม	36
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก กระบวนการทำงานและการถ่ายทอดเทคโนโลยี	39
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์คุณภาพ	44

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 การวัดค่าสีของแห้วแช่ในน้ำส้มแห้วปริมาณต่างก่อนและหลังต้ม 19
ตารางที่ 2 การวัดค่าเนื้อสัมผัสของแห้วแช่ในน้ำส้มแห้วปริมาณต่าง ๆ 20
ตารางที่ 3 การวัดค่า pH ของแห้วแช่ในน้ำส้มแห้วปริมาณต่างหลังต้ม 20
ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพร 24
ตารางที่ 5 ค่าสี และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำชาเปลือกแห้ว 25
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้ว 29

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของต้นแห้วและผลแห้วหรือที่เรียกว่า คอร์ม (Corm) 2
ภาพที่ 2 แสดงการทดสอบการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลแห้วต้มโดยการใช้สารละลายและสารสกัด 3
ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ 5
ภาพที่ 4 กราฟ แสดงค่า D value ของเอนไซม์ที่พบในผักผลไม้สด 6
ภาพที่ 5 ลักษณะของต้นแห้วและรากแห้ว 7
ภาพที่ 6 โครงสร้างของเนื้อเยื่อพืชที่องค์ประกอบภายในเซลล์ทีเป็นที่อยู่ 8
ภาพที่ 7 การลงพื้นที่เพื่อวางแผนการดำเนินกิจกรรมเพื่อเตรียมพัฒนาผลิตภัณฑ์เข้าสู่มาตรฐานอาหาร 14
ภาพที่ 8 ขั้นตอนการศึกษาภาพตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์ 15
ภาพที่ 9 แสดงลักษณะของการเกิดสีน้ำตาลในแห้วแห้วปอกเปลือกดิบ และแห้วปอกเปลือกนึ่ง 16
ภาพที่ 10 pH activity profile ของ crude PPO จากเนื้อแห้วตัดแต่ง เมื่อใช้สารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.0 เป็นสับสเตรท 16
ภาพที่ 11 pH stability profile ของ crude PPO จากเนื้อแห้วที่อุณหภูมิ 25 °C เมื่อใช้สารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.0 เป็นสับสเตรท 17
ภาพที่ 12 Temperature activity profile ของ crude PPO จากเนื้อแห้วตัดแต่ง 18
ภาพที่ 13 Temperature stability profile ของ crude PPO ในแห้วตัดแต่ง หลังจากบ่มที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 10 นาที เมื่อวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 30 °C และใช้สารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.0 เป็น สับสเตรท 18
ภาพที่ 14 การใช้ประโยชน์ในการนำน้ำส้มแห้วในการแช่แห้วก่อนต้มและหลังต้ม 20
ภาพที่ 15 การระดมความคิดร่วมกับกลุ่มในพัฒนาสถานที่ผลิตและออกแบบผลิตภัณฑ์ 21
ภาพที 16 ปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดและแทนนินที่ระยะเวลาในการชงชาต่างๆ 23
ภาพที่ 17 ลักษณะของชาเปลือกแห้วที่ใช้ระยะเวลาในการชงต่างๆ 23
ภาพที่ 18 ตัวอย่างชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพรต่างๆ 25
ภาพที่ 19 บรรจุภัณฑ์ต้นแบบ กล่องชาและซองใส่ถุงชาแบบที่ 1 25
ภาพที่ 20 บรรจุภัณฑ์ต้นแบบ กล่องชาและซองใส่ถุงชาแบบที่ 2 26
ภาพที่ 21 บรรจุภัณฑ์ต้นแบบ กล่องบรรจุชาแห้ว 26
ภาพที่ 22 กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก 28
ภาพที่ 23 กิจกรรมการถ่ายทอดกระบวนการผลิตสู่ชุมชน 28
ภาพที่ 24 ฉลากและบรรจุภัณฑ์ต้นแบบผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก 29
ภาพที่ 25 ฉลากและบรรจุภัณฑ์ต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักเพื่อสุขภาพ 30
ภาพที่ 26 ฉลากและบรรจุภัณฑ์ต้นแบบผลิตภัณฑ์สาโท 30
ภาพที่ 27 ฉลากและบรรจุภัณฑ์ต้นแบบผลิตภัณฑ์จากน้ำต้มแห้ว 30

ภาพผนวกที่ 1 การนำเสนอผลกการวิจัยใช้ประโยชน์ของงานวิจัย **41**
ภาพผนวกที่ 2 การใช้ประโยชน์ของงานวิจัยกับกลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้ว 42
ภาพผนวกที่ 3 การดำเนินกิจกรรมของกลุ่มและการออกงาน **42**
ภาพผนวกที่ 4 การถ่ายทอดองค์ความรู้กลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้วเรื่อง การออกแบบสถานที่การผลิต 43
ภาพผนวกที่ 5 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและน้ำตาล 45
ภาพผนวกที่ 6 การเตรียมตัวอย่างเพื่อส่องกล้องจุลทรรศน์ 46
ภาพผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วตัวอย่างที่1 47
ภาพผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วตัวอย่างที่2 48

บทที่ 1 บทนำ

สัญญาเลขที่ RDG60A0002/11
ชื่อโครงการ การศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วและการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน
หัวหน้าโครงการ : นางสาวเสน่ห์ บัวสนิท
หน่วยงานต้นสังกัด : คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
หน่วยงานร่วมโครงการ : หน่วยนวัตกรรมเพื่อสังคมและชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ
ระยะเวลาดำเนินการ : **1 ปี (ตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม2560 ถึงวันที่1 มีนาคม2561)**

1. บทนำ

แห้วเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดสุพรรณบุรี แหล่งผลิตใหญ่อยู่ในพื้นที่เทศบาลตำบลวังยางและตำบลดอนมดแดง อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี ผลผลิตแห้วสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในชุมชน และยังก่อให้เกิดอาชีพรับจ้างปอกแห้ว และแปรรูปแต่ในระยะที่ผ่านมามีกระแสความปลอดภัยอาหาร มีการตรวจพบสารพิษปนเปื้อนในผลผลิต ผู้บริโภคมีความระมัดระวังในการซื้อผลผลิตแปรรูปมากขึ้น ทำให้ราคาผลผลิตต่ำลง และชุมชนมีความต้องการในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตแห้ว ต้องการแก้ปัญหาในการเกิดสีน้ำตาลของผลแห้ว เพื่อยุติการใช้สารฟอกขาวในผลผลิต มีความต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆจากแห้ว การจัดการเพิ่มมูลค่ากับน้ำต้มแห้วซึ่งเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปแห้ว เสน่ห์ บัวสนิทและคณะ(2559)ศึกษาวิธีการลดการเกิดจุดดำในแห้วต้มโดยพบว่าแห้วแช่ลงในสารละลายกรดซิตริกเปรียบเทียบ กับน้ำเปล่า และการใช้สารสกัดจากธรรมชาติ คือสารสกัดจากรำข้าว โดยพบว่าการใช้สารละลายกรดและสารสกัดจากธรรมชาติ สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับการนึ่งด้วยไอน้ำสามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ แต่ยังไม่สามารถลดจุดดำได้ทั้งหมด จึงเป็นแนวคิดให้นักวิจัยศึกษาสาเหตุของจุดดำโดยทำการวิเคราะห์ส่วนที่มีสีดำในแห้วพบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดจากการวิเคราะห์จากเปลือกแห้ว จุดกลางที่เป็นสีดำ และในเนื้อแห้ว พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดของแห้วที่มีสีดำตรงกลาง และในเนื้อแห้วค่อนข้างสูง และ % ความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น(DPPH scavenging activity)ของจุดดำ และเนื้อแห้ว พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกัน นอกจากนี้มีการวิจัยการใช้ประโยชน์ ในการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ของกระบวนการผลิตแห้วต้มโดยการศึกษากระบวนการผลิตชาเปลือกแล้วโดยพัฒนาเป็นชาแห้ว โดยชาที่ได้จากเปลือกแห้วต้ม คั่วแล้วอบ ได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด น้ำชาที่ได้ทั้งหมดมีสีแดงออกน้ำเงินเล็กน้อย มีค่าความสว่างปานกลาง (moderate Light, Less Red, Less Blue) และพบว่าผลของการให้ความร้อนมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง และพบว่าสามารถใช้น้ำต้มแห้วมีแนวโน้มในการผลิตเป็นน้ำส้มสายชูได้โดยมีค่า pH เท่ากับ2.81 และปริมาณ CH_3COOH เท่ากับ 4.14 %

และจากการลงพื้นที่และทำการวิจัยร่วมกับกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปนั้นขณะนี้ชุมชนได้มีส่วนร่วมในการวิจัยการแปรรูปเศษเหลือจากแห้วโดยการแปรรูปเศษเหลือจากกระบวนการผลิตแห้ว ได้แก่ การใช้ประโยชน์จากน้ำต้มแห้วแปรรูปเป็นน้ำส้มสายชูหมัก และการแปรรูปชาจากเปลือกแห้วโดยกลุ่มผู้ผลิตได้ร่วมวิจัยด้วยได้ผลการวิจัยเป็นที่พอใจ และกลุ่มผู้แปรรูปแห้วต้องการต่อยอดการใช้ประโยชน์ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ น้ำส้มสายชูจากแห้วต่อเพื่อเป็นการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำส้มแห้วเพื่อเข้าสู่ระบบ

มาตรฐานอาหารปลอดภัยโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ดังนั้นผู้วิจัย ได้เห็นโจทย์วิจัยและเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อชุมชน และเพื่อให้ชุมชนได้มีความยั่งยืน และสร้างผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย ในการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มสายชูจากน้ำต้มแห้ว ในการทำให้แห้วลดการเกิดสีน้ำตาล และเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตอันจะเป็นการสร้างรายได้เพิ่มให้กับชุมชน และเสริมสร้างความปลอดภัยอาหารให้แก่ผู้บริโภค จึงมีแนวคิดเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์และร่วมแก้ไขปัญหาร่วมกับกลุ่มผู้แปรรูปผลิตภัณฑ์จากแห้วต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาการเกิดลักษณะจุดดำในแห้วทางกายภาพและเคมี
2. เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มแห้วในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแห้วโดยอาศัยการมีส่วนร่วม
3. เพื่อยกระดับการผลิตภัณฑ์จากแห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่ระบบมาตรฐานอาหารปลอดภัยโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน

3. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แห้วที่ศรีประจันต์ เป็นแห้วจีน แห้วจีน(Eleocharisdulcis Trin.) มีชื่อภาษาอังกฤษว่า waternut หรือ Chinese water chestnut หรือ Matai และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Eleocharisdulcis Trin. อยู่ในตระกูล Cyperaceae เป็นพืชเศรษฐกิจท้องถิ่นที่สำคัญของจังหวัดสุพรรณบุรี แห้วเป็นพืชปีเดียวขึ้นในน้ำเหมือนข้าว ลำต้นแข็ง อวบ ลำต้นกลวง ตั้งตรงมีความสูง 1-1.5 เมตร ต้นเล็กเรียวคล้ายต้นหอม หรือใบกก หรือใบหญ้าทรงกระเทียม ใบน้อยดอกเกิดที่ยอดของลำต้นเหนือน้ำ แล้วจึงเกิดดอกตัวผู้ตามมา เมล็ดมีขนาดเล็ก รากหรือหัวเป็นพวกไรโซม หรือ คอร์ม (rhizomes or corms) มี 2 ประเภท โดยหัวประเภทแรก เกิดเมื่อต้นแห้วอายุ 6-8 สัปดาห์ ทำให้เกิดต้นแห้วขยายเพิ่มขึ้นและหัวประเภทที่สอง เกิดหลังจากแห้วออกดอกเล็กน้อยโดยทำมุม 45 องศากับระดับดิน และลึกประมาณ ๑๒ เซนติเมตรจากระดับดิน หัวแห้วระยะเริ่มแรกเป็นสีขาว ต่อมาเกิดเป็นเกล็ดหุ้มสีน้ำตาลไหม้ จนกระทั่งแก่ หัวมีขนาดแตกต่างกัน เนื้อสีขาว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-5 เซนติเมตร ต้นหนึ่ง ๆ แตกหน่อออกไปมากและได้หัวประมาณ 7-10 หัว โดยแห้วเป็นพืชปีเดียวขึ้นในน้ำเหมือนข้าว ปัจจุบันมีการปลูกแห้วจีนมากบริเวณสองฝั่งแม่น้ำท่าจีน เขตอำเภอเมือง อำเภอศรีประจันต์และอำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี เนื้อที่ปลูกประมาณ 500-1000 ไร่ ได้ผลผลิตดีแต่ราคาไม่ค่อยดีนัก ทำให้เกษตรกรประสบปัญหาขายผลผลิตไม่ได้ตามที่ต้องการ แห้วเป็นพืชพืชสมุนไพรตระกูลกก มีสรรพคุณเป็นยา มีเนื้อสัมผัสกรอบ โดยแห้วสุพรรณบุรี ลูกโต เนื้อเยอะ



ภาพที่1 แสดงลักษณะของต้นแห้วและผลแห้วหรือที่เรียกว่า คอร์ม (Corm)

ประโยชน์ของแห้วใช้ผสมในอาหาร ประเภทต่าง ๆ ได้แก่ อาหารคาว ผัดจับฉ่ายเจ หอยจ้อ อาหารหวาน เต้าทึง ผสมในขนมไทย ทับทิมกรอบ ใช้แป้งทำขนมได้ เนื่องจากมีโปรตีนสูง ซึ่งใกล้เคียงในแป้งสาลี และมีคาร์โบไฮเดรตสูง ผลิตเป็นแป้งได้ โดยมีการวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแห้วศรีประจันต์ ของเสน่ห์ บัวสนิทและคณะ (2559) พบว่าแห้วมีปริมาณเยื่อใยสูง โดยหัวแห้วมีปริมาณความชื้นร้อยละ 6.53 โปรตีนร้อยละ 9.39 ไขมันร้อยละ 0.68 เส้นใย (Crude fiber) ร้อยละ 6.67 เถ้าร้อยละ 7.17 และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดร้อยละ 69.56 และเปลือกแห้วมีปริมาณความชื้น ร้อยละ 8.22 โปรตีน ร้อยละ 11.21 ไขมัน ร้อยละ 1.2 เส้นใย (Crude fiber)ร้อยละ 13.97 เถ้าร้อยละ 7.51 และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ร้อยละ 57.89 โดยน้ำหนักแห้ง ซึ่งในการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่าแห้วจาก ต.วังยาง อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรีนั้นมี ปริมาณโปรตีน ค่อนข้างสูง สอดคล้องกับ(ผาณิต รุจิรพิสิฐ,2459)ลักษณะของแห้วจะมีลักษณะของแป้งที่ได้จากหัวแห้ว มีลักษณะคล้ายแป้งจากมันเทศ แป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง โดยแป้งแห้ว (Chestnut Flour) เป็นแป้งที่ทำมาจากผลแห้วสดที่มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองนวลจับแล้วผิวสัมผัสของแป้งเนียนลื่นมือ เมื่อทำให้สุกจะเหลวเหนียวหนืด เมื่อพักให้เย็นจะมีลักษณะเหนียวเหนอะหนะคงตัว นิยมนำมาผสมกับอาหารที่ต้องการความเหนียวหนืดและใส โดยจาการศึกษา อุณหภูมิที่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืด (Pasting Temperature) ของแป้งฟลาวร์ คือ 79.53 °C ความหนืดสูงสุด คือ 9026 cP และความหนืดต่ำสุด (Break down) คือ 5662 cP และค่าผลต่างของความ หนืดสุดท้ายกับความหนืดสูงสุด (set back) คือ 2377 cP โดยใช้เวลาที่ทำให้เกิดความหนืดสูงสุด (peak time) คือ 4.01 นาที และค่าความหนืดสุดท้าย (Final viscosity) คือ 5739 R cP (สิริรัตน์ สังวิบุตรและนัดดา เศรษฐีพ่อค้า,2559)

ในขั้นตอนการทำแห้วต้มหรือแป้งแห้ว จะมีการนำแห้วปอกเปลือก แต่การปอกเปลือกแห้วจะทำให้แห้วเปลี่ยนสี เนื่องจากแห้วสัมผัสกับอากาศ ทำให้มีสีเข้มขึ้น โดยส่วนใหญ่จะขายแห้วในรูปหัวแห้วสด ซึ่งได้ ราคาไม่ดีนัก ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกแห้วประสบปัญหาขายผลผลิตแห้วไม่ได้ตามที่ต้องการ(กรมวิชาการ เกษตร, 2545) จึงนำมาปอกเปลือกขายทำให้ได้ราคาดีขึ้น แต่ก็เกิดปัญหาจุดดำหรือการมีสีคล้ำลงหลังจากปอกเสร็จ มีการแก้ไขโดยการปลอกเปลือกและนำลงน้ำทันที เพื่อรักษาสีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเกิดในขั้นตอนการทำแป้งจากแห้ว ในการเปลี่ยนแปลงสีของแห้วที่ปรากฏในกระบวนการผลิตแห้วต้มทำให้เป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของผู้บริโภคได้มีการศึกษาการลดการเกิดจุดดำในแห้ว การศึกษาในการลดการเกิดสีด้วยสารละลายกรดซิตริกสามารถทำให้ค่าสี (ค่า L*) มีความสว่างขึ้น แต่ไม่สามารถลดจุดดำลงได้ทั้งหมดโดยการทดลองโดยเตรียมตัวอย่างแห้วแช่ลงในสารละลายกรดซิตริก แห้วมีสีขาวขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแห้วที่แช่ใน และการใช้สารสกัดจากธรรมชาติ พบว่า สารสกัดจากรำข้าว พบว่าสามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับการนึ่งด้วยไอน้ำสามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ (เสน่ห์ บัวสนิท และคณะ,2559)



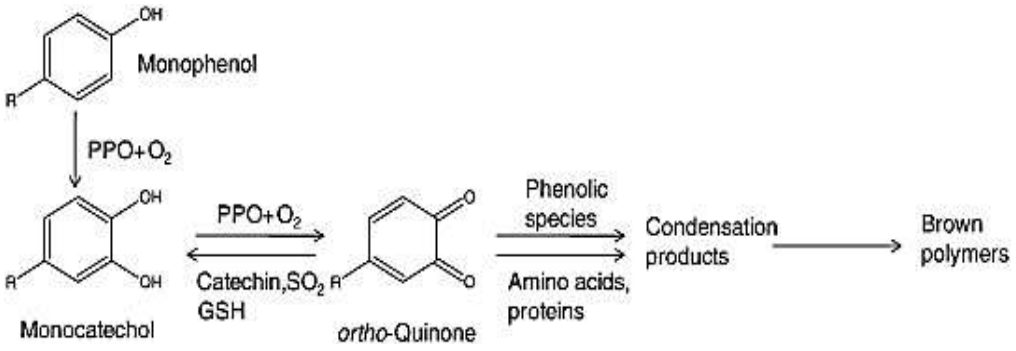
ภาพที่ 2 แสดงการทดสอบการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลแห้วต้มโดยการใช้สารละลายและสารสกัด

โดยปกติผักผลไม้รวมทั้งแห้วด้วยมักจะเกิดสีคล้ำหรือสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว เมื่อเนื้อเยื่อถูกทำลายในระหว่างการเตรียมวัตถุดิบ เช่น ระหว่างการแปรรูป หรือระหว่างการเก็บเพื่อรอจาหน่าย ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ เมื่ออาหารเกิดสีน้ำตาล อายุการวางจำหน่ายจะสั้นลง สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ และมูลค่าทางการตลาดลดลง ฉะนั้น การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์จึงจัดว่าเป็นปัญหาสำคัญในการแปรรูปผักและผลไม้หลายชนิด หากสามารถพัฒนาการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้เหล่านี้ให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือก จะช่วยเพิ่มมูลค่า หรือลดต้นทุนได้อีกทางหนึ่ง การคิดเรื่องของการลดสารเคมีในการแช่แห้วเพื่อให้ขาว ไม่เกิดสีน้ำตาล ทั้งนี้การใช้กรดในการทำให้ไม่เกิดสีน้ำตาลในแห้ว นักวิจัยได้มีการศึกษาการใช้สารสกัดจากธรรมชาติในการลดการเกิดสีน้ำตาลในปีที่ผ่านมาสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ โดยสอดคล้องกับ Lozano-De- Gonzalez et.al (1993) กล่าวว่า เมื่อปอกแห้วทิ้งไว้จะเกิดสีน้ำตาล ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่น่าพึงพอใจ มีรายงานว่าสารจากธรรมชาติหลายชนิดสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้ได้ โดยพบว่าเมื่อนำแอปเปิลสดตัดแต่งจุ่มในน้ำสับปะรด พบว่าน้ำสับปะรดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในแอปเปิลสดตัดแต่งได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้มีการทดลองแช่ผักสลัดลงในสารละลายที่ประกอบด้วยกรดแอสคอร์บิก แซนแทนกัม พบว่าจะช่วยป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผักได้ดีขึ้น (Wyss et.al 1990) และมีการทดลองใช้ EDTA ร่วมกับโซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต พบว่าสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่งปอกเปลือกได้ (Feinberg et.al 1987) และเมื่อนำมาใช้ร่วมกับกรดซิตริกซึ่งเป็นสารเพิ่มความเป็นกรดในอาหาร พบว่าสามารถช่วยในการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลิฟีนอลได้ ซึ่งสอดคล้องกับการใช้กรดซิตริกในเห็ดพบว่าจะช่วยป้องกันการเปลี่ยนสีในเห็ดได้ (McCord and Kilara , 1983)

ปฏิกิริยาสีน้ำตาลในผักและผลไม้ จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากที่ถูกทำลายด้วยการปอกเปลือกหรือในกระบวนการตัดแต่ง เนื่องจากการทำลายเนื้อเยื่อของพืชจะทำให้เอนไซม์และสับสเตรทรวมตัวกันอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดปัญหาที่กี่ยวกับการกำหนดอายุการเก็บของผักและผลไม้ที่ผ่านกระบวนการขั้นต่ำ (Sappers and Miller, 1992)โดยมีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์ ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลซึ่งเป็นสับสเตรทกับเอนไซม์จะเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยความสัมพันธ์ของปฏิกิริยาสีน้ำตาลของสารประกอบ phenolic และเอนไซม์ polyphenol oxidase มีการศึกษาในผักและผลไม้หลายชนิด เช่น แอปเปิ้ล (Coseteng and Lee, 1987) องุ่น (Lee and Jaworski, 1988) พีช (Lee et al., 1990)โดยสารประกอบ phenolic ที่สำคัญในหน่อไม้ คือ p(hydroxyphenyl)propionic acid, ferulic acid, caffeic acid และ chlorogenic acid (Hu et al., 2000) เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาสีน้ำตาล เอนไซม์polyphenol oxidase (PPO: EC 1. 14. 18. 1) จัดเป็นเอนไซม์ที่สำคัญของปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องมาจากเอนไซม์ โดยมี copper เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเอนไซม์ polyphenol oxidase มักมีชื่อตามสับสเตรท เช่น Tyrosinase, Diphenoloxidase, Catecholase, Phenolase (Martinez and Whitaker, 1995)โดยปฏิกิริยาของเอนไซม์มี 2 ปฏิกิริยา คือ ปฏิกิริยา hydroxylation ซึ่งเปลี่ยนสารประกอบ monophenols ไปเป็น o-diphenols (Monophenolase และ Cresolase activity) และปฏิกิริยา oxidation ซึ่งเปลี่ยนสารประกอบ o-diphenols ไปเป็น o-quinones (Diphenolase และ Catecholase activity) ซึ่ง o-quinones เป็นสารประกอบที่สามารถเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่ใช้เอนไซม์ต่อไปเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเข้มขึ้น ซึ่งเรียกสารประกอบนี้ว่า melanins ซึ่งเป็นลักษณะปรากฏที่ไม่ต้องการในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ส่วนใหญ่และยังทำให้สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เช่น การเกิดสีน้ำตาลในลิ้นจี่มีการใช้สารประกอบ anthocyanin เป็นสับสเตรทที่สำคัญโดยมีเอนไซม์ polyphenol oxidase เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงเป็นสีที่เข้มขึ้นด้วยซึ่งเป็นตัวกำหนดอายุการเก็บของลิ้นจี่ (Huang et al., 1990; Jiang et al., 2004) นอกจากนี้เอนไซม์ polyphenol oxidase

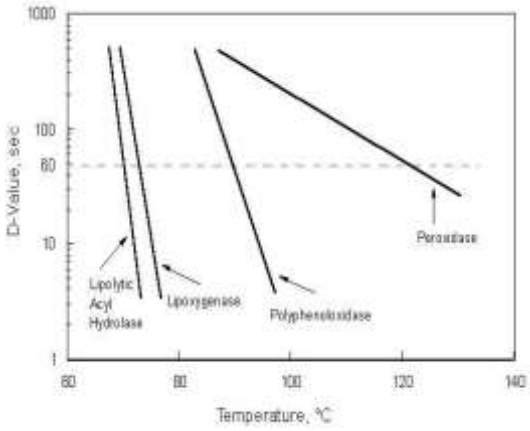
ยังเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลของผักและผลไม้ชนิดอื่น เช่น เผือก (Lourenco et al., 1992) แอปเปิ้ล (Sappers et al., 1989) และหน่อไม้ (Huang et al., 2002) เอนไซม์ peroxidase (POD: EC 1. 11. 1. 7) เป็นเอนไซม์ที่มี heme เป็นองค์ประกอบ โดยทั่วไปจะเกิดปฏิกิริยาเมื่อผ่านกระบวนการที่ทำลายเนื้อเยื่อ เอนไซม์peroxidaseจะทำงานเมื่อสารประกอบ phenolics อยู่ในรูป single-electron oxidation และมี hydrogen peroxide (Cantos et al., 2002) โดยเอนไซม์ peroxidase มีบทบาทในผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพทางด้านกลิ่นรส สี เนื้อสัมผัส และคุณค่าทางโภชนาการในระหว่างกระบวนการผลิตและเก็บรักษา จากการศึกษาของ Bolanos and Silva (2004) พบว่าเอนไซม์ peroxidase จะมีกิจกรรมสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 oC ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มของสีที่เพิ่มขึ้นในมันแกวการยับยั้งปฏิกิริยาสีน้ำตาล การเกิดสีน้ำตาลเริ่มจากเอนไซม์ polyphenol oxidase เปลี่ยน phenol ไปเป็น o-quinone สามารถเกิดปฏิกิริยา polymerization จนได้สารประกอบสีน้ำตาล (melanin) ซึ่ง melanin อาจเกิดปฏิกิริยากับกรดอะมิโนและโปรตีนเป็นสารประกอบสีน้ำตาล หากไม่ต้องการสีน้ำตาลที่เกิดขึ้น จำเป็นต้องยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งการใช้สารยับยั้งจัดเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ โดยสารยับยั้งมีหลายประเภท คือ reducing agents, chelating agents, acidulants, enzyme inhibitors, enzyme treatments, complexing agents (ณัฐวรรธน์ จันททกาญจน์,มปป)

การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (enzymatic browning) เป็นปฏิกิริยาที่จะเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืชเมื่อเซลล์ถูกทำลายทางกลทำให้ monophenol ที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจน และมีเอนไซม์กลุ่ม polyphenol oxidase (PPO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา hydroxylation ได้เป็น *o*-diphenol สารนี้จะถูก oxidize ต่อเป็น *o*-quinone ซึ่ง quinone ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกอื่นๆหรือกับกรดอะมิโน ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล (นิธิยา, 2557)



ภาพที่ 3 แผนภาพแสดงการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์

Enzyatic browing reaction มักพบเป็นปัญหาการเกิดสีน้ำตาล ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการในผักผลไม้ เช่น มันฝรั่ง กะท้อน กล้วย ฝรั่ง ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังการปอกเปลือก การลดขนาด และยังพบในอาหารทะเลสด เช่น กุ้ง แต่ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาที่ต้องการให้เกิดขึ้นในการแปรรูปอาหารบางชนิดที่ต้องการให้เกิดสีน้ำตาลเข้ม และเกิดกลิ่นรส ระหว่างการหมัก เช่น โกโก้ ชา กาแฟ ไซเดอร์ ลูกเกด ลูกพรุน อิทผลัม ในการป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ สามารถทำให้เอนไซม์ ซึ่งเป็นโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การใช้ความร้อน เช่น การลวก การลวกเป็นการใช้ความร้อนระยะเวลาสั้นๆ เพื่อทำให้เอนไซม์สูญเสียสภาพธรรมชาติ จากกราฟแสดง D value ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ลดปริมาณของเอนไซม์ชนิดต่างๆในผัก ผลไม้ ลง 90% จากปริมาณเริ่มต้น เอนไซม์ polyphenoloxidase (PPO) มี D value ที่อุณหภูมิประมาณ 95 องศาเซลเซียส มีค่า เท่ากับ 60 วินาที



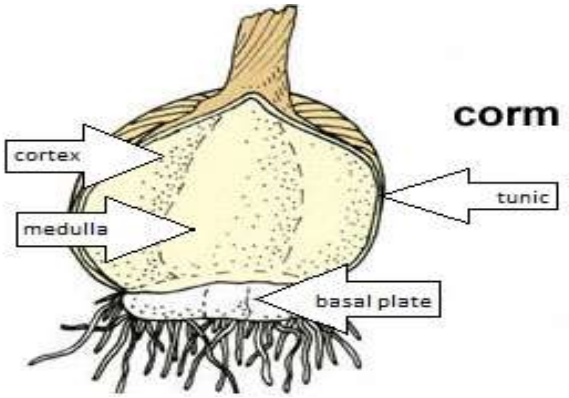
ภาพที่ 4 กราฟ แสดงค่า D value ของเอนไซม์ที่พบในผักผลไม้สด

การปรับให้เป็นกรด เนื่องจากค่า pH ที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ฟีนอเลส อยู่ระหว่าง 5-7 และเมื่อค่าพีเอชลดลง เอนไซม์จะถูกยับยั้งการทำงาน เพราะสูญเสียสภาพธรรมชาติ เช่น มีค่า pH ประมาณ 3 หรือต่ำกว่า การปรับค่า pH ของอาหารสามารถใช้กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดมาลิก กรดฟอสฟอริก ให้มี pH เท่ากับหรือต่ำกว่า 3 เป็นการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ การใช้ Chelating เช่น EDTA เพื่อจับกับโลหะที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของเอนไซม์ เกิดเป็นสารคีเลต ซึ่งเป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้ นอกจากนี้การป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลด้วยการใช้สารรีดิวซิงเอเจนต์ เพื่อรีดิวซ์ o-quinone กลับเป็นสารประกอบฟีนอล ซึ่งไม่มีสี สารรีดิวซิงเอเจนต์ที่ใช้ได้แก่ สารซัลไฟต์ เช่น การรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือแช่ในสารละลายโซเดียมเมแทไบซัลไฟต์ กรดอิริทอร์เบต และเกลือของกรดอิริทอร์เบต เช่น โซเดียมอิริทอร์เบต หรือการป้องกันไม่ให้สัมผัสกับออกซิเจน เช่น การจุ่มผักผลไม้ในน้ำเชื่อม หรือน้ำเกลือ ใช้การบรรจุแบบสุญญากาศ หรือการดัดแปรสภาพบรรยากาศ

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ทำให้เกิดสีน้ำตาลในอาหาร มี 2 ประเภท คือ ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล และปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (caramelization) คือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของโมเลกุลน้ำตาลด้วยความร้อนสูง และมีการเกิดพอลิเมอร์ ของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารที่มีกลิ่นและรสเฉพาะตัว เรียกว่า คาราเมล ส่วนปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เกิดขึ้นระหว่างน้ำตาลรีดิวส์กับกรดอมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ โดยมีความร้อนเร่งปฏิกิริยา ผลิตผลที่ได้จากปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นสารประกอบหลายชนิด ที่ให้สีน้ำตาลและกลิ่นรสต่างๆ ทั้งที่พึงประสงค์ และไม่พึงประสงค์ เช่น สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นระหว่างการอบเบเกอรี การทอด เช่น เนื้อสัตว์

องค์ประกอบของแห้ว แห้วเป็นพืชวงศ์ กกและเป็นพืชหลายฤดู เป็นพืชกึ่งพืชน้ำ มีเหง้าใต้ดิน เหง้าสั้นมีไหลยาว หัวกลมแบนเกิดในส่วนปลายไหล สีน้ำตาลหรือสีดำ ขึ้นเป็นกอ ความยาว 15-20 เซนติเมตร ช่อดอกเดี่ยวเป็นช่อเชิงลด ดอกช่อยาว 1.5 -3.0 เซนติเมตร ดอกย่อยเป็นแบบ spike ยาว 2-5 เซนติเมตร มีริ้วประดับเป็นเยื่อบางๆ กลีบดอกคล้ายเส้นด้ายสีขาวหรือสีน้ำตาล ผลเป็นผลแห้งเมล็ดล่อน สีเหลืองมันจนถึงสีน้ำตาล ขยายพันธุ์ด้วยไหล หน่อ และเมล็ด ชอบที่ชื้นแฉะ หัวแห้วประกอบด้วยส่วนที่กินได้ 46 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่กินเป็นของแข็งประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ ในจำนวนนี้เป็นโปรตีน 1.6 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ จากการวิจัยของเสน่ห์ บัวสนิทและคณะ (2559) ในส่วนที่กินได้หรือส่วนเนื้อแห้วนั้นเมื่อนำมาวิเคราะห์สาระสำคัญ โดยพบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดของแห้ว โดยเฉพาะจุดดำทีแกนกลางมีปริมาณสารฟินอลิคทั้งหมด 89.50 mg Gallic acid/ml และส่วนที่เป็นเนื้อมี 75.25 mg Gallic acid/ml % ความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น(%DPPH) บริเวณแกนกลางมี 63.10 % และส่วนที่เป็นเนื้อ 45.16 % ส่วนในเปลือกแห้วมีปริมาณสารฟินอลิคทั้งหมด 148.43 mg Gallic acid/ml% ความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นพบในเปลือกแห้ว 72.65 %



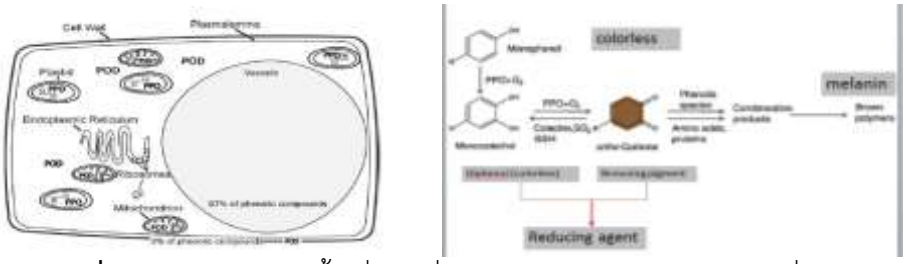



ภาพที่ 5 ลักษณะของต้นแห้วและรากแห้ว

ลักษณะของต้นแห้วที่มีลำต้นแข็ง อวบ ลำต้นกลวง ต้นเล็กเรียวคล้ายต้นหอม หรือใบกก หรือใบหญ้าทรงกระเทียม ใบน้อย จะมีดอกเกิดที่ยอดของลำต้นเหนือน้ำ เมล็ดมีขนาดเล็ก รากหรือหัวเป็นพวกไรโซม หรือ คอร์ม (rhizomes or corms) มีส่วนของ basal plate และส่วนของ medulla ที่เชื่อมต่อกับรากซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุต่างๆ พบว่าบริเวณตรงกลางจะมีมัดท่อลำเลียงเป็นท่อเล็กอยู่มากมาย ดังนั้น เมื่อ ผิวของแห้วนั้นถูกปอกออก บริเวณนี้จึงมีสีเข้มเป็นจุดดำมากกว่าตรงปริเวณอื่น

โครงสร้างของเนื้อเยื่อพืช ที่องค์ประกอบภายในเซลล์ที่เป็นที่อยู่ของสารประกอบฟีนอลและเอนไซม์ เปรียบเสมือนเปลือกสีดำนั้นคือผนังเซลล์ของเซลล์พืช เมื่อมีการปอกเปลือกจะมีผลทำให้เนื้อของแห้วมีการสัมผัสกับอากาศ(บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์)ซึ่งเป็นตัวเร่งในการเกิดสีน้ำตาลที่บริเวณต่างๆนั่นเอง

จากปฏิกิริยาแสดงการเกิดจุดดำในแห้ว สารตั้งต้น (substrate) คือ สารประกอบฟินอล (phenolic compounds) เช่น แคทีชิน ซึ่งเป็นสารฟลาโวนอยด์ เอนไซม์ ในกลุ่มฟีนอเลส เช่น polyphenol oxidase (PPO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ค่า pH ที่เหมาะสม ค่า pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ฟีนอเลส อยู่ระหว่าง 5-7ออกซิเจน ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวกับเอนไซม์นี้เป็นปฏิกริยาออกซิเดชัน จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเกิดการปลอกเปลือกแห้ว ทำให้เอนไซม์ สารที่ทำปฏิกิริยา (substrate) และออกซิเจนเข้ามาสัมผัสกัน สาร monophenol (ไม่มีสี) จะถูกออกซิไดซ์ เป็นไดฟีนอล (diphenol) ซึ่งไม่มีสี และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น *o*-quinone ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดแอมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน (melanin)



ภาพที่ 6 โครงสร้างของเนื้อเยื่อพืชที่องค์ประกอบภายในเซลล์ทีเป็นที่อยู่ของสารประกอบฟีนอลและเอนไซม์ (Toivonen and Brummell, 2008; 2)

จากการลงพื้นที่และทำการวิจัยร่วมกับกลุ่มเกษตรกรผู้แปรรูปนั้นขณะนี้ชุมชนได้มีส่วนร่วมในการวิจัยการแปรรูปเศษเหลือจากแห้วโดยการแปรรูปเศษเหลือจากกระบวนการผลิตแห้ว โดยได้ทำการวิจัยการศึกษาวิธีการลดการเกิดจุดดำในแห้วต้มและการใช้ประโยชน์จากเปลือกแห้วหลังกระบวนการตัดแต่ง โดยงายวิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแห้วพบว่า มีปริมาณความชื้นร้อยละ 6.53 โปรตีนร้อยละ 9.39 ไขมันร้อยละ 0.68 เส้นใย (Crude fiber)ร้อยละ 6.67 เถ้าร้อยละ 7.17และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ร้อยละ 69.56 และเปลือกแห้วมีปริมาณความชื้น ร้อยละ 8.22 โปรตีน ร้อยละ 11.21 ไขมัน ร้อยละ 1.2 เส้นใย (Crude fiber)ร้อยละ 13.97 เถ้าร้อยละ 7.51 และคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ร้อยละ 57.89 การศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการลดการเกิดสีน้ำตาลในกระบวนการต้มแห้วโดยแช่ลงในสารละลายกรดซิตริกและสารสกัดจากรำข้าวสามารถลดการเกิดจุดดำในแห้วได้ดีกว่าสารสกัดอื่น ๆ การแช่สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลร่วมกับการนึ่งด้วยไอน้ำสามารถช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาลได้ และการศึกษาการใช้ประโยชน์จากของเหลือในการแปรรูปน้ำต้มแห้วและเปลือกแห้ว และจากผลการวิจัยการใช้ประโยชน์จากน้ำต้มแห้วและเปลือกแห้ว โดยชาเปลือกแห้ว น้ำชาที่ได้จากเปลือกแห้วต้ม คั่วแล้วอบ ได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด น้ำชาที่ได้ทั้งหมดมีสีแดงออกน้ำเงินเล็กน้อย มีค่าความสว่างปานกลาง (moderate Light, Less Red, Less Blue) น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วมีลักษณะใส มีสีส้มอ่อน มีค่าความสว่างเท่ากับ L*50.17b a*1.05 b*0.40และมีค่าTSS เท่ากับ 12.33 pH เท่ากับ2.81 มีปริมาณ CH_3COOH เท่ากับ 4.14 %ทั้งนี้การใช้ประโยชน์จากน้ำต้มแห้วสามารถแปรรูปเป็นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้ว ซึ่งน้ำส้มสายชูเป็นเครื่องปรุงรสอาหาร มีทั้งเป็นผลิตผลที่ได้จากธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์ทางเคมี มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ กรดน้ำส้ม (Acetic acid) มีคุณสมบัติที่ให้รสเปรี้ยว เกิดจากกระบวนการหมักโดยน้ำตาลในอาหารจะถูกทำให้เกิดการสลายโมเลกุลแตกตัวโดย เชื้อแบคทีเรีย และยีสต์ แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรก น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ ขั้นที่สอง การหมักแอลกอฮอล์ต่อให้

กลายเป็นน้ำส้มสายชู โดยประเภทของน้ำส้มสายชูแบ่งได้เป็นน้ำส้มสายชูเทียม น้ำส้มสายชูกลั่น และน้ำส้มสายชูหมักซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธัญพืช ผลไม้ หรือน้ำตาลมาหมักกับส่าเหล้าแล้วหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธี ธรรมชาติ การหมักจะเปลี่ยนน้ำตาลที่มีอยู่ในอาหารเหล่านี้ให้เป็นแอลกอฮอล์โดยอาศัยยีสต์ที่มีตามธรรมชาติ เพื่อให้น้ำส้มสายชูที่หมักมีกลิ่นหอมและรสชาติดี จากนั้นจะอาศัยแบคทีเรียตามธรรมชาติ หรือการเติมเข้าไป เพื่อเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดน้ำส้ม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีเหลืองอ่อนตามธรรมชาติ มีรสหวานของน้ำตาลที่ตกค้างมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ความแตกต่างในด้านกลิ่นรส และความเข้มข้นขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก น้ำส้มสายชูหมักจะใส ไม่มีตะกอน ยกเว้นตะกอนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และมีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4% ในการทำน้ำส้มสายชูหมักสามารถทำได้จากผลิตผลเกษตรหลายชนิด เช่น การทำน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำมะพร้าว น้ำส้มสายชูจากสาโท(จุฑามาศ,2551) การทำน้ำส้มสายชูหมักจากมะขามป้อมของวรรภา(2556)ได้ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากมะขามป้อม ซึ่งน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วสามารถที่จะต่อยอดผลิตภัณฑ์ได้อีก เพื่อประโยชน์ของกลุ่มผู้แปรรูป

จากการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดจุดดำในแห้วในปีที่ผ่านมา กลุ่มนักวิจัยได้ศึกษาการเกิดสีดำบริเวณส่วนกลางของแห้ว เพื่อยืนยันผลการศึกษาสารที่พบในส่วนตรงกลางของแห้วนั้นมีสาเหตุมาจากสารกลุ่มใดที่ทำให้เกิดสีดำ จึงได้ทำการศึกษาต่อ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสารต้านออกซิเดชั่นและความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น และ การทำงานของเอนไซม์ PPO ของแห้วตัดแต่ง เพื่อเป็นการตอบคำถามงานวิจัยว่าจุดดำในแห้วนั้นคืออะไร และนอกจากนี้ยังต่อยอดการใช้ประโยชน์จากน้ำต้มแห้วแปรรูปเป็นน้ำส้มสายชูหมัก จึงเป็นแนวทางในการต่อยอดผลิตภัณฑ์ ซึ่งกลุ่มสามารถผลิตน้ำส้มสายชูได้เอง โดยที่งานวิจัยในปีที่ผ่านมาได้ผลการวิจัยเป็นที่พอใจ และกลุ่มผู้แปรรูปแห้วต้องการต่อยอดการใช้ประโยชน์ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูจากแห้วต่อ และนอกจากนี้กลุ่มผู้แปรรูปยังต้องการพัฒนาเป็นน้ำส้มสายชูหมักเพื่อจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ของกลุ่มอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากน้ำส้มแห้วของกลุ่มโดยจากการวิจัยร่วมกับชุมชนได้มีการพัฒนาน้ำส้มสายชูจากน้ำต้มแห้ว ซึ่งพบว่าน้ำส้มสายชูจากน้ำต้มแห้ว มีปริมาณกรดอะซิติกอยู่ในมาตรฐานของน้ำส้มสายชู จึงมีแนวคิดในการพัฒนาและยกระดับการแปรรูปผลิตภัณฑ์ต่อไป โดยพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักของกลุ่ม และนำน้ำส้มสายชูหมักในการลดการเกิดสีดำของแห้วต้ม

4. ระเบียบวิธีวิจัย ระเบียบการวิจัยต้องมีความชัดเจนและควรประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 วิธีการศึกษา

1. ศึกษาการเกิดลักษณะจุดดำในแห้วทางกายภาพและเคมี

ศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วโดยทำการศึกษาเกี่ยวกับสีดำส่วนกลางของแห้ว โดยนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่มีผลต่อการเกิดสีในแห้ว โดยวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล ปริมาณโปรตีน และการศึกษาภาพตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์

ทำการศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วเพื่อยืนยันการเกิดสีดำบริเวณกึ่งกลางของแห้วโดยทำการศึกษาเกี่ยวกับสีดำส่วนกลางของแห้ว โดยนำแห้วมาปอกเปลือกและนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่มีผลต่อการเกิดสีในแห้ว โดยวิเคราะห์ค่าทางกายภาพ ทางเคมี ดังนี้

1.1 ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านออกซิเดชั่นในแห้วตัดแต่ง

<u>การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก</u> ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Kim *et al*. (2002)โดยเตรียม สารละลายมาตรฐาน (0-100 microgram/ml) หรือตัวอย่างปริมาตร 0.4 ml (3 ซ้ำ)เติม Folin-Ciocalteu 2 ml. ทิ้งไว้ 4 นาทีเติมสารละลาย Na_2CO_3 1.6 ml. เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

30 นาที(สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ความเข้มของสีตามความเข้มข้นของ gallic acid) Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 5000 rpm 10 นาที นำสารละลายส่วนใสวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm.(ใช้น้ำกลั่นเป็น blank) พลอตกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของ gallic acid (microgram/ml) คำนวณปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่าง

ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (Free radical scavenging assay) ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Jung *et al*.(2006) โดยศึกษาค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงของสารละลาย DPPH ซึ่งเป็นสารอนุมูลอิสระที่ มีสีม่วงเข้มดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เมื่อทำปฏิกิริยากับสารที่สามารถให้อิเล็กตรอนแก่ DPPH แล้วจะเกิดเป็นสารประกอบที่ ทำให้สีม่วงจางลง ซึ่งตรวจสอบได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสง นำสารละลายตัวอย่าง 100 ไมโครลิตร ผสมกับสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร จำนวน 50 ไมโครลิตรใน 96-well Microplates ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร คำนวณหาค่าความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเทียบกับความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของกรดวิตามินซี วิตามินอี และ BHT คำนวณเป็น

$$\% \text{ Inhibition} = A_0 - Ac \,/\, A_0 \times 100$$

โดย A_0 คือค่า การดูดกลืนแสงเริ่มต้นของ DPPH

A_c คือค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างที่ทำปฏิกิริยากับ DPPH

1.2 การศึกษาคุณสมบัติของ crude PPO ในเนื้อแห้วตัดแต่ง

เตรียม crude enzyme จากเนื้อแห้วตัดแต่ง โดยเตรียมเนื้อแห้วปลอกเปลือก 200 กรัม มาปั่นรวมกับ สารละลาย phosphate buffer pH 7.0 ความเข้มข้น 0.2 M ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องปั่น (Warning Commercial Laboratory Blender รุ่น BE-12) นาน 25 วินาที นำไปหมุนเหวี่ยง ในrefrigerated centrifuge (อุณหภูมิ 4 °C) ที่ความเร็ว 8,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที นำส่วนใสมาตกตะกอนโปรตีนด้วย 80 % saturation ammonium sulphate ที่อุณหภูมิ 0 °C จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงใน refrigerated centrifuge (อุณหภูมิ 4 °C) ที่ความเร็ว 8,000 รอบ/นาที นาน 10 นาที น้ำตะกอนที่ได้มาละลายด้วย สารละลาย phosphate buffer pH 7.0 ความเข้มข้น 0.2 M ปริมาตร 4 มิลลิลิตร เก็บ crude enzyme ที่อุณหภูมิ 0 °C

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนใน crude enzyme จากเนื้อแห้ว ตามวิธีของ Bradford (1976) [7]

วิเคราะห์ PPO activity ตามวิธีของ Duangmal และ Owusu-Apenten (1999) นำ crude enzyme มา 200 ไมโครลิตร มาทำปฏิกิริยากับสารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลาย phosphate buffer pH 7.0 ความเข้มข้น 0.2 M ปริมาตร 2.80 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 25 °C วัดการ เปลี่ยนแปลงของค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 nm โดยใช้เครื่อง spectrophotometer คำนวณ อัตราเร็วเริ่มต้นจากความชันของกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเวลา คำนวณ PPO activity โดยให้เอนไซม์ 1 หน่วย (unit) เท่ากับการ เปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง 0.001 หน่วยต่อนาที

1.3 ศึกษา optimum pH ของ crude PPO ใน เนื้อแห้ว ตามวิธีของสิริรัฐ สุดประเสริฐ (2546) นำcrude enzyme มา 200 ไมโครลิตร มาทำ ปฏิกิริยากับสารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 3.0 – 9.0 ปริมาตร 2.80 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 25 °C วิเคราะห์ PPO activity คำนวณ PPO activity ที่ได้ในแต่ละค่า pH ในรูปของ % relative activity โดยให้ PPO activity ที่มีค่าสูงสุดเป็น 100 % เลือกค่า pH ที่ให้ PPO activity สูงที่สุดไปใช้ใน การศึกษา pH stability ของ crude PPO ในเนื้อแห้ว

ศึกษา pH stability ของ crude PPO ใน เนื้อแห้ว ตามวิธีของสิริรัฐ สุดประเสริฐ (2546) นำ crude enzyme มาผสมกับสารละลาย บัฟเฟอร์ช่วง pH 3.0-9.0 ในอัตราส่วน 1 ต่อ 4 บ่มที่ อุณหภูมิ 0 °C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นน้าสารละลาย ที่ได้ปริมาตร 200 ไมโครลิตร มาวิเคราะห์ PPO activity ที่อุณหภูมิ 25°C โดยใช้สารละลาย catechol ความ เข้มข้น 20 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH ตามที่เลือกไว้ในข้อ 3.4 ปริมาตร 2.80 มิลลิลิตร เป็น สับสเตรท เปรียบเทียบกับ crude enzyme ในสารละลาย phosphate buffer pH 7.0 อัตราส่วน 1 ต่อ 4 ที่ไม่ได้ผ่านการบ่ม (control) คำนวณ PPO activity แต่ละค่า pH ในรูปของ % Relative activity โดยให้ PPO activity ที่วิเคราะห์ได้จาก control มี % Relative activity เท่ากับ 100 %

ศึกษา optimum temperature ของ crude PPO ในเนื้อแห้วตามวิธีของ สิริรัฐ สุดประเสริฐ. (2546) นำ crude enzyme มา 200 ไมโครลิตร มาทำ ปฏิกิริยากับสารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์ช่วง pH ทีเลือกไว้ในข้อ 3.4 ปริมาตร 2.80 มิลลิลิตร วิเคราะห์ PPO activity โดย แปรอุณหภูมิในช่วง 10 - 90 °C ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ water bath คำนวณ PPO activity ที่ได้ในแต่ละอุณหภูมิ เป็น % relative activity โดยให้ PPO activity ที่มีค่าสูง ที่สุดมี relative activity เท่ากับ 100% เลือกระดับ อุณหภูมิที่ให้ PPO activity สูงที่สุดไปใช้ในการศึกษา temperature stability ของ crude PPO ในเนื้อแห้ว

1.4การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Total and reducing sugars) ตามวิธีของ Lane และ Eynon

การหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซิงในแห้ว สามารถทำได้ โดยการไทเทรตกับสารละลาย Fehling ที่ทราบปริมาตรแน่นอน แล้วนำปริมาตรของสารละลายน้ำตาลรีดิวซิงที่ใช้ไปนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำตาล ในตารางมาตรฐานของปริมาณน้ำตาล แต่ละชนิด เช่น น้ำตาลอินเวร์ตกลูโคส ฟรุกโทส มอลโทส หรือแลคโทส ที่สมมูลกับปริมาตรของสารละลาย Fehling ที่ทำปฏิกิริยา

2. พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อต่อยอดการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสนับสนุนการยกระดับผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย

นำผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูแห้ว มาต่อยอดการวิจัยโดยให้กลุ่มผู้แปรรูปนำมาใช้ในการแช่แห้ว และศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการศึกษาผลของปริมาณและเวลาในการใช้น้ำส้มสายชูแห้วในแห้วสดและผลิตภัณฑ์แห้ว โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีกายภาพ ค่า pH ค่าสี และค่าเนื้อสัมผัส

3. ระดมความคิดร่วมกับกลุ่มในการยกระดับการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าสู่มาตรฐานโดยอาศัยการมีส่วนร่วมในการประโยชน์จากแห้วของกลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้ว

นำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในปีที่ผ่านมาได้แก่น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้ว และชาจากเปลือกแห้ว มา

1.1 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์ชาเปลือกแห้วตามมาตรฐาน เพื่อประกอบการขอรับมาตรฐาน โดยมีวิธีการและขั้นตอนดังนี้

-การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดและแทนนินในชาเปลือกแห้วที่ระยะเวลาในการชงชาที่แตกต่างกัน โดยทำการผลิตชาเปลือกแห้ว โดยปรับปรุงวิธีการให้สอดคล้องกับการผลิตจริงของกลุ่มเกษตรกร โดยนำเปลือกแห้วดิบที่ได้จากการปอกแห้วมาอบที่อุณหภูมิ 55°ซ จากนั้นนำไปคั่วไฟอ่อนอุณหภูมิ 60°ซ แล้วนำไปบดหยาบ บรรจุซองชาน้ำหนักซองละ 2 กรัม นำชาเปลือกแห้วที่มาชง โดยใช้ชา 1 ซอง (2 กรัม) ต่อน้ำร้อน 150 มิลลิลิตร ระยะเวลาในการแช่ซองชานาน 2 4 6 8 และ 10 นาที จากนั้นนำน้ำชาที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ ฟินอลิกทั้งหมด ตามวิธีของ Folin-ciocalteu colorimetric assays (Lim *et al.*, 2007) และปริมาณสารแทนนิน (tannin content)

-ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพร โดยการผสมชาเปลือกแห้วกับสมุนไพร นำสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ มะตูม ขิง และตะไคร้ มาทำการอบและคั่วเช่นเดียวกับขั้นตอนการผลิตชาเปลือกแห้ว จากนั้นนำไปบดหยาบ แล้วนำไปผสมกับชาเปลือกแห้วในอัตราส่วนชาเปลือกแห้ว:สมุนไพร เป็น 9:1 โดยทำการบรรจุในซองชาน้ำหนัก 2 กรัม นำมาศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพรการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพและนำชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มาทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ โดยทำการชงชาเช่นเดียวกับการชงชาเปลือกแห้ว ใช้ระยะเวลาในการแช่ซองชานาน 2 นาที การทดสอบทางประสาทสัมผัสใช้รูปแบบการประเมินแบบ 9 point hedonic scale test โดยประเมินการยอมรับ ด้านสี กลิ่น รสชาติ และ ความชอบโดยรวม ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คนและวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ นำน้ำชาที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ค่าสี L* a* b* โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วย pH meter (pH) และ วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ด้วย Hand refractometer

- การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ ANOVA และความแตกต่างโดยวิธี Duncan’s multiple range test (DMRT)

1.2 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูแห้วตามมาตรฐาน เพื่อประกอบการขอรับมาตรฐาน

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูแห้วตามมาตรฐาน เพื่อประกอบการขอรับมาตรฐาน ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 เรื่องน้ำส้มสายชู ข้อ 3 น้ำส้มสายชูแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ น้ำส้มสายชูหมัก หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำธัญพืช ผลไม้ หรือน้ำตาล มาหมักกับส่าเหล้าแล้วหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ น้ำส้มสายชูกลั่น หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแอลกอฮอล์กลั่นเจือจาง (Dilute Distilled Alcohol) มาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู หรือเมื่อหมักแล้วนำไปกลั่นอีก หรือได้จากการนำ น้ำส้มสายชูหมัก มากลั่น น้ำส้มสายชูเทียม หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอากรดน้ำส้ม มาเจือจาง

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 เรื่องน้ำส้มสายชู ข้อ 4 น้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) มีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส

(2) ตรวจพบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณที่กำหนด ดังต่อไปนี้

(2.1) สารหนู	ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
(2.2) ตะกั่ว	ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
(2.3) ทองแดงและสังกะสี	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
(2.4) เหล็ก	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(3) ไม่มีกรดน้ำส้มที่มิได้มาจากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น

(4) ไม่มีกรดกำมะถัน (Sulfuric acid) หรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น

(5) ใสไม่มีตะกอน เว้นแต่น้ำส้มสายชูหมักตามธรรมชาติ

(6) ไม่มีหนอนน้ำส้ม (Vinegar eel)

(7) ใช้น้ำสะอาดเป็นส่วนผสม

(8) ให้ใช้วัตถุเจือปนอาหาร (Food Additives) ได้ ดังต่อไปนี้

(8.1) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(8.2) กรดแอล-แอสคอร์บิก ไม่เกิน 400 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

(9) มีแอลกอฮอล์ตกค้าง (Residual alcohol) ไม่เกินร้อยละ 0.5

(10) การแต่งสี ให้ใช้น้ำตาลเคี่ยวไหม้หรือสีคาราเมล

1.3 ระดมความคิดในการร่วมออกแบบฉลาก บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูแห้ว และชาจากเปลือกแห้ว เพื่อนำประกอบการดำเนินการขอรับรองมาตรฐานอาหาร

ระดมความคิดในการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับชาเปลือกแห้วและน้ำส้มสายชูโดย ทำการระดมความคิดร่วมกับกลุ่ม โดยการสอบถามความต้องการรูปแบบบรรจุภัณฑ์ เช่น สีรูปลักษณ์ และยี่ห้อ แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์

4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างแห้วสดจากกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ กลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้ว ต.วังยาง อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วโดยทำการศึกษาเกี่ยวกับสีดำส่วนกลางของแห้ว โดยนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่มีผลต่อการเกิดสีในแห้ว โดยวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล ปริมาณโปรตีน และการศึกษาภาพตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์ จากนั้นต่อยอดการวิจัยทำน้ำส้มสายชูโดยให้กลุ่มผู้แปรรูปนำมาใช้ในการแช่แห้ว และศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ค่า pH ค่าสี และค่าเนื้อสัมผัส และระดมความคิดร่วมกับกลุ่มในการจัดการยกระดับการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าสู่มาตรฐานโดยอาศัยการมีส่วนร่วมในการประโยชน์จากแห้วของกลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. แบบประเมินการสัมภาษณ์
2. การศึกษา ค้นคว้า ทดลอง จุดดำในแห้ว
3. ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากห้องปฏิบัติการสู่การปฏิบัติจริง ประเมินผลจากแบบสอบถามหรือการแสดงข้อคิดเห็น

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ ในข้อ 1 ศึกษาจุดดำในแห้วต้ม
2. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ ในข้อ 2 ศึกษาการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ของกระบวนการผลิตแห้วต้มโดยวางแผนการทดลองแบบ Randomizied completely Block Design (RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างตามวิธี Duncan’s New Multiple Range Test

บทที่ 2
การดำเนินงานด้านการพัฒนาระบบบริหารจัดการงานวิจัย

การวิจัยการศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วและการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชนเป็นการศึกษาการเกิดลักษณะจุดดำในแห้วทางกายภาพและเคมี รวมถึงศึกษาการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มแห้วในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแห้วโดยอาศัยการมีส่วนร่วม เพื่อยกระดับการผลิตภัณฑ์จากแห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่ระบบมาตรฐานอาหารปลอดภัยโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ได้มีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากเปลือกแห้วและน้ำต้มแห้วที่เหลือจากกระบวนการแปรรูป โดยพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาจากเปลือกแห้วโดยนำเศษแห้วที่เหลือจากกระบวนการตัดแต่งแห้ว โดยพัฒนาเป็นชาแห้ว และผลิตเป็นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้ว ทั้งนี้ได้มีการให้กลุ่มมีส่วนร่วมในการออกแบบสถานที่ผลิต การพัฒนาผลิตภัณฑ์รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์

ผลการวิจัย (Outputs)

การศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วและการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ทำการศึกษาและลงพื้นที่ทำกิจกรรม โดยการสัมภาษณ์และเก็บตัวอย่างแห้วโดย ลงพื้นที่ ณ กลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้ว ต.วังยาง อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี





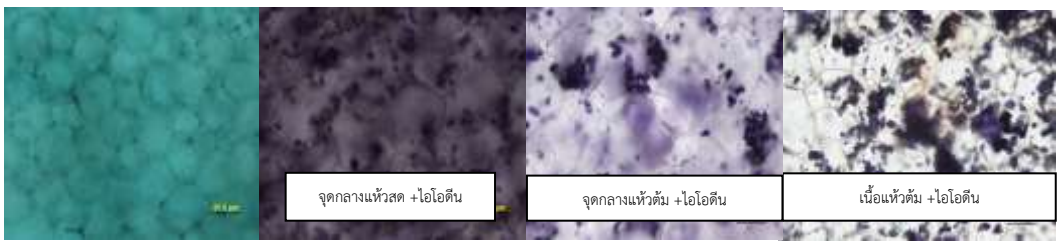
ภาพที่ 7 การลงพื้นที่เพื่อวางแผนการดำเนินกิจกรรมเพื่อเตรียมพัฒนาผลิตภัณฑ์เข้าสู่มาตรฐานอาหาร

1. ผลการศึกษาการเกิดลักษณะจุดดำในแห้วทางกายภาพและเคมี

จากผลการศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วจากโครงการการศึกษาวิธีการลดการเกิดจุดดำในแห้วต้มและการใช้ประโยชน์จากน้ำต้มแห้วและเปลือกแห้วหลังกระบวนการตัดแต่ง พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดจากการวิเคราะห์จากเปลือกแห้ว จุดกลางที่เป็นสีดำ และในเนื้อแห้ว พบปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดของแห้วที่มีสีดำตรงกลาง และในเนื้อแห้วค่อนข้างสูงโดยพบในเปลือกแห้ว 148.43 mg Gallic acid/ml เฉพาะจุดดำตรงกลาง 89.50 mg Gallic acid/ml และส่วนที่เป็นเนื้อ 75.25 mg Gallic acid/ml และศึกษา % ความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น(DPPH scavenging activity)ของจุดดำ และเนื้อแห้ว พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยพบในเปลือกแห้ว 72.65 % เฉพาะจุดดำตรงกลาง 63.10 % และส่วนที่เป็นเนื้อ 45.16 % แล้วนั้น การเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ เป็นปฏิกิริยาที่จะเกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืชเมื่อเซลล์ถูกทำลายทางกลทำให้ monophenol ที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจน และมีเอนไซม์กลุ่มpolyphenol oxidase (PPO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา hydroxylation ได้เป็น *o*-diphenol สารนี้จะถูก oxidize ต่อเป็น *o*-quinone ซึ่ง quinone ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกันและเกิดปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกอื่นๆหรือกับกรดอะมิโน ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล (นิธิยา, 2557) และในการเกิดจุดดำในแห้ว จะสารตั้งต้น คือ สารประกอบฟินอล เช่น แคทีชิน ซึ่งเป็นสารฟลาโวนอยด์ เอนไซม์ ในกลุ่มฟีนอเลส เช่น polyphenol oxidase (PPO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ค่า pH ที่เหมาะสม ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวกับเอนไซม์นี้เป็นปฏิกริยาออกซิเดชัน จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเกิดการปลอกเปลือกแห้ว ทำให้เอนไซม์ สารที่ทำปฏิกิริยา (substrate) และออกซิเจนเข้ามาสัมผัสกัน สาร monophenol (ไม่มีสี) จะถูกออกซิไดซ์ เป็นไดฟีนอล (diphenol) ซึ่งไม่มีสี และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น *o*-quinone ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดแอมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน (melanin)

ผลการศึกษาภาพตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์เกี่ยวกับจุดดำ โดยการย้อมสีด้วยฟาสต์กรีน เพื่อดูลักษณะของเนื้อเยื่อเซลล์ของแห้ว และการย้อมสีด้วยไอโอดีนเพื่อทดสอบแป้งโดยการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ด้วยการตัดขวางบริเวณด้านบนของแห้วเพื่อดูส่วนกึ่งกลางของแห้วเป็นท่อลำเลียงหรือส่วนที่เป็นเซลลูโลสของพืช จุดกึ่งกลางของแห้วไม่ติดสีย้อมฟาสต์กรีน และศึกษาโครงสร้างของเซลล์ด้วยการทดสอบด้วยสีย้อมไอโอดีนเพื่อทดสอบแป้งโดยทำการทดลองโดยการศึกษาในจุดกึ่งกลางของแห้วสดและแห้วต้ม พบว่าบริเวณจุดกึ่งกลางของแห้วติดสีย้อมไอโอดีนน้อยกว่าบริเวณเนื้อแห้ว ผลแสดงดังภาพที่ 8



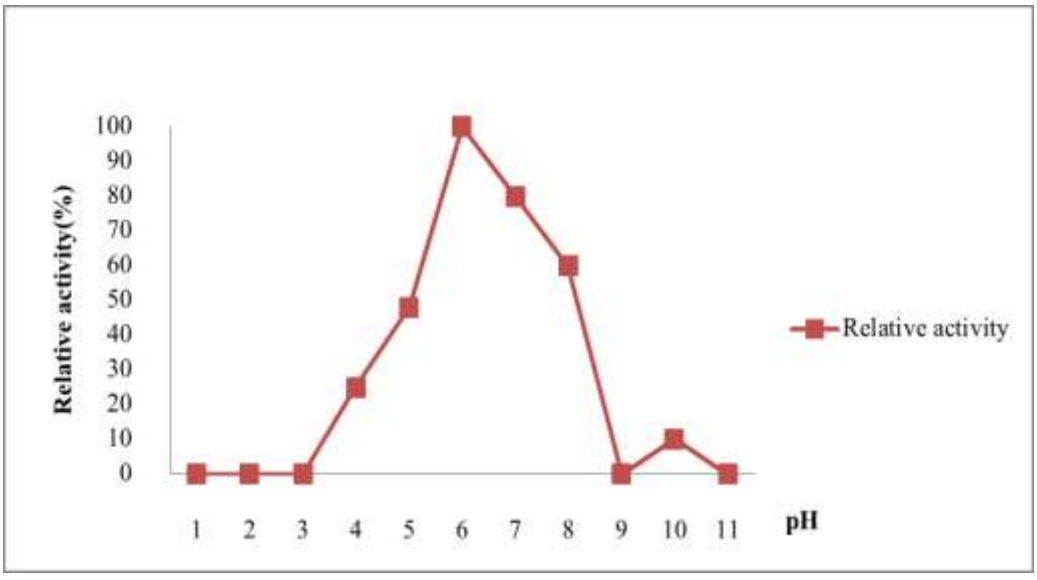


ภาพที่ 8 ขั้นตอนการศึกษาภาพตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์



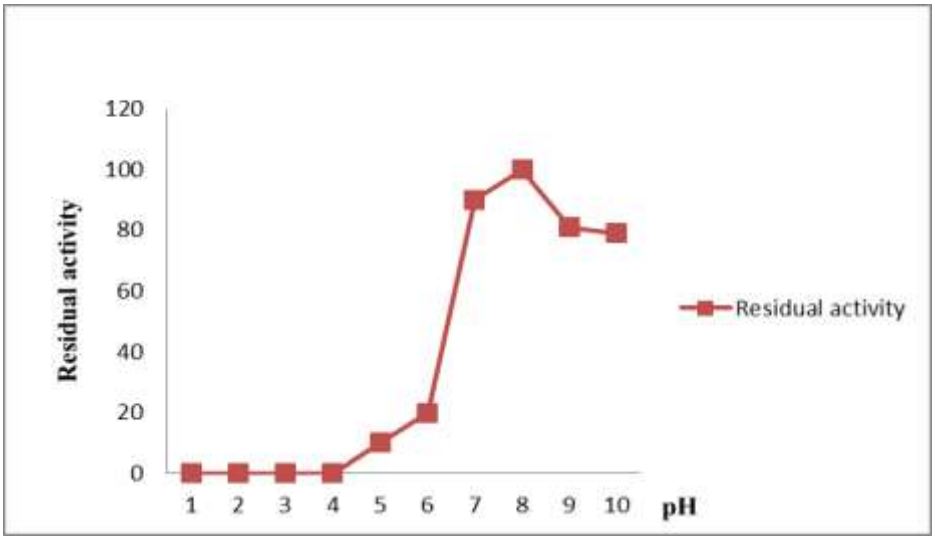
ภาพที่ 9 แสดงลักษณะของการเกิดสีน้ำตาลในแห้วแห้วปอกเปลือกดิบ และแห้วปอกเปลือกนึ่ง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนใน crude enzyme จากเนื้อแห้ว เพื่อพิสูจน์ถึงลักษณะการเกิดจุดดำ ในการศึกษาสมบัติของ crude PPO ในเนื้อแห้ว การเตรียม crude PPO จากเนื้อแห้ว 200 กรัม จะได้ crude PPO ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ที่มีลักษณะ ขาวขุ่น มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 0.33±0.01 μg/g และมี PPO activity เท่ากับ .087±0.001 units/mg protein ผลการศึกษา optimum pH และ pH stability ของ crude PPO จากการศึกษาพบว่า crude PPO จากเนื้อแห้วมี optimum pH เท่ากับ 5.0 มี activity เหลืออยู่ 34.18 % ที่ pH 3.0 และเหลืออยู่ 11.23 % ที่ pH 9.0 โดยเอนไซม์ยังมี activity เหลืออยู่ 70 % เมื่อบ่มในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ช่วง pH 4.0 – 9.0 อุณหภูมิ 0 °C เป็นเวลา 30 นาที เอนไซม์ polyphenol oxidase มีค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 5 ถึง 7 และ pH ต่ำสุดประมาณ 3 จะสูญเสียกิจกรรมของเอนไซม์แบบไม่ผันกลับ (irreversibly inactivated) เนื่องจากเอนไซม์มีโมเลกุลของทองแดง (copper) ในโครงสร้าง ถ้าทาปฏิกิริยากับ reagent ในการดึงหมู่ prosthetic group ออกจากโครงสร้างจะทาให้ยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์(Fennema, 1976) ดังภาพที่ 10



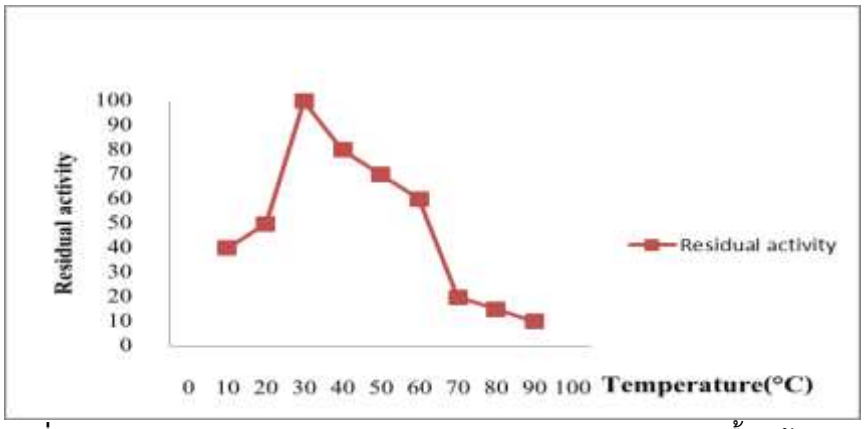
ภาพที่ 10 pH activity profile ของ crude PPO จากเนื้อแห้วตัดแต่ง เมื่อใช้สารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.0 เป็นสับสเตรท

optimum pH คือ pH ที่ enzyme มี activity สูง ที่สุด เมื่อระบบมี pH มากหรือน้อยกว่า optimum pH ของเอนไซม์ก็จะท้าให้เอนไซม์มี activity ลดลง โดย pH ไปมีผลต่อการเกิด ionization ของ prototropic group ที่ บริเวณ active site ของเอนไซม์ ซึ่งจะท้าหน้าที่จับกับ สับสเตรท หรือเปลี่ยนสับสเตรทให้เป็นผลิตภัณฑ์ และเนื่องจากเอนไซม์เป็นโปรตีน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ของ pH จึงส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปสามมิติของ โครงสร้างโปรตีน ซึ่งน้าไปสู่การเบี่ยงเบนของการจับ สับสเตรท เอนไซม์จึงมี activity ลดลง ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Yang และคณะ (2000) ที่ ศึกษา pH stabitity ของ PPO บริสุทธิ์ ที่สกัดจากกล้วย (Musa sapientum Linn.) โดยมีสับสเตรท เป็นสารละลาย dopamine ซึ่งพบว่าเอนไซม์มีเสถียรภาพดีที่ pH 5 -11 แต่จะมี activity ลดลงที่ pH < 5



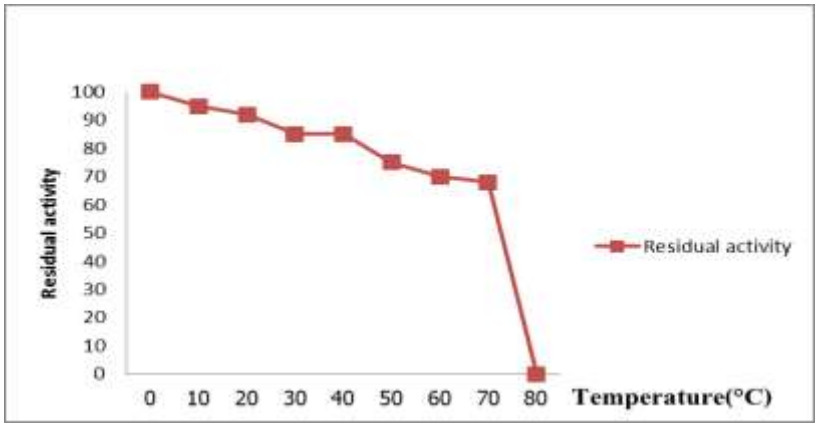
ภาพที่ 11 pH stability profile ของ crude PPO จากเนื้อแห้วที่อุณหภูมิ 25 ℃ เมื่อใช้สารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.0 เป็นสับสเตรท

ผลการศึกษา optimum temperature และ temperature stability ของ crude PPO จากผลการทดลองพบว่า crude PPO จากเนื้อแห้วตัดแต่งมี optimum temperature เท่ากับ 30 ℃ และที่อุณหภูมิ 55 ℃ crude PPO มี activity เหลือ 60.11 % (ภาพที่ 10) ซึ่ง optimum temperature เป็นอุณหภูมิที่เอนไซม์มี activity สูงที่สุด ดังนั้นหาก อุณหภูมิในระบบสูงหรือต่ำกว่า optimum temperature ของเอนไซม์ก็จะทำให้เอนไซม์มี activity ลดลง ผลที่ได้ สอดคล้องกับรายงานของ Whitaker (1996) ที่ สรุปว่าโดยปกติ PPO จะมี optimum temperature อยู่ ในช่วง 25-35℃ และผลการทดลองของ Yang และคณะ (2000) ที่ศึกษา optimum temperature ของ PPO บริสุทธิ์ ที่สกัดจากกล้วย (Musa sapientum Linn.) และ พบว่า optimum temperature ของ crude PPO มีค่าเท่ากับ 30 ℃



ภาพที่ 12 Temperature activity profile ของ crude PPO จากเนื้อแห้วตัดแต่ง

เมื่อวิเคราะห์โดยใช้สารละลาย catechol ความ เข้มข้น 20 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.0 เป็น สับสเตรทเมื่อบ่มที่อุณหภูมิช่วง 0 – 60 °C เป็นเวลา 10 นาที Crude PPO ยังคงรักษา activity ไว้ได้ โดยมี activity เหลืออยู่ 79.70 % หลังจากการบ่มที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 10 นาทีซึ่ง activity จะลดลงเรื่อยๆ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และสามารถยับยั้ง activity ของ crude PPO ได้อย่างสมบูรณ์เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 10 นาที (ภาพที่ 12) ผลที่ได้สอดคล้องกับผลการ ทดลองของ Galeazzi, Sgarbieri และ Constantinides (1981) ที่พบว่าความร้อนมีผลต่อการทำงานของ PPO จากกล้วยหอมเขียวค่อม (Musa (AAA group) "Kluai Hom Khieo Khom") โดยความร้อนสามารถ ยับยั้งการทำงานของ PPO ได้เนื่องจากความร้อนจะทำ ให้เอนไซม์ซึ่งเป็นโปรตีนเสียสภาพตามธรรมชาติ และ ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้



ภาพที่ 13 Temperature stability profile ของ crude PPO ในแห้วตัดแต่ง หลังจากบ่มที่อุณหภูมิต่างๆ นาน 10 นาที เมื่อวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 30 °C และใช้สารละลาย catechol ความเข้มข้น 20 mM ในสารละลายบัฟเฟอร์ pH 5.0 เป็น สับสเตรท

น้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) เกิดจากการรวมตัวกันของหมู่ไฮดรอกซิลของ anomeric carbon ของน้ำตาลตัวหนึ่งกับหมู่ไฮดรอกซิล ของคาร์บอนอะตอมอื่นที่ไม่ใช่ anomeric carbon ของน้ำตาลอีกตัวหนึ่ง ทำให้มี reducing group เหลืออยู่ และน้ำตาลนอนรีดิวซ์ (Non- reducing sugar) เกิดจากการรวมตัวกันของหมู่ไฮดรอกซิลของ anomeric carbon ของมอโนแซกคาไรด์ทั้ง 2 โมเลกุล ทำให้ไม่มี reducing group เหลืออยู่ ผลการหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด (Total and reducing sugars) พบว่าในผลแห้วมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 5.54g/100g โดยมีน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ1.27g/100g และมีน้ำตาลนอนรีดิวซ์เท่ากับ 4.27g/100g ตามลำดับ

2. พัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อต่อยอดการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสนับสนุนการยกระดับผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัย

นำผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูแห้ว มาต่อยอดการวิจัยโดยให้กลุ่มผู้แปรรูปนำมาใช้ในการแช่แห้ว และศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการศึกษาผลของปริมาณและเวลาในการใช้น้ำส้มสายชูแห้วในแห้วสดและผลิตภัณฑ์แห้ว โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีกายภาพ ค่าสี ค่าเนื้อสัมผัสและค่า pH ได้ผลดังตารางที่ 1 2 และ3

จากที่มีรายงานวิจัยถึงสารที่สามารถยับยั้งกิจกรรมของ PPO ได้ดีที่สุด คือ กรดแอสคอร์บิค ซีสเตอีน และโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ตามลำดับ ในขณะที่ Yang และคณะ (2000) ศึกษาสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง PPO จากกล้วย *Musa sapientum* L. พบว่า ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริก และกรดอะซีติก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของ PPO ได้ดี กรดแอสคอร์บิคจึงถูกนำมาใช้บ่อยที่สุดสำหรับการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงการใช้กรดในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้สอดคล้องกับ Martinez และ Whitaker (1995) ระบุว่าการปรับลดค่า pH ของระบบให้มีค่า pH ไม่เกิน 4 ด้วยกรดต่างๆ เช่น กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริก และกรดอะซีติก สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของน้ำผลไม้ และชิ้นผลไม้ได้จากการใช้ประโยชน์จากน้ำต้มแห้วสามารถแปรรูปเป็นน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้ว ซึ่งน้ำส้มสายชูเป็นเครื่องปรุงรสอาหาร มีทั้งเป็นผลิตผลที่ได้จากธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์ทางเคมี มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ กรดน้ำส้ม (Acetic acid) มีคุณสมบัติที่ให้รสเปรี้ยว โดยการทดลองนำน้ำส้มสายชูจากน้ำต้มแห้วมาศึกษาการแช่แห้วปอกเปลือกพบว่าระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นทำให้สามารถลดการเกิดสีดำในแห้วต้มได้ ผลการวัดค่าสีของแห้วแช่ในน้ำส้มแห้วโดยการศึกษาระยะเวลาในการแช่แห้วสดในน้ำส้มจากแห้วในปริมาณต่าง ๆ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การวัดค่าสีของแห้วแช่ในน้ำส้มแห้วปริมาณต่างก่อนและหลังต้ม

การทดลอง	ระยะเวลาแช่(ชั่วโมง)																	
	1			2			3			4			5			6		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
สูตร 1 ก่อนต้ม	83.6	-0.6	13.5	80.6	-0.2	13.2	82.1	-0.1	15.8	77.6	-0.1	13.0	84.0	1.1	19.2	80.1	-0.2	13.2
สูตร 2 ก่อนต้ม	82.6	-1.1	12.0	81.4	-0.7	12.1	75.1	-0.1	13.5	78.6	-0.2	13.7	76.8	0.0	15.9	82.1	-0.2	15.6
สูตร 3 ก่อนต้ม	85.2	-0.8	11.7	84.4	-0.6	12.6	82.7	-0.4	13.4	83.0	-1.0	14.3	80.5	-0.5	13.4	83.6	-0.8	11.4
สูตร 4 ก่อนต้ม	83.8	-1.2	8.3	86.3	-0.9	11.6	81.9	-1.1	11.7	82.0	-0.6	10.0	83.1	-1.1	12.5	76.1	-1.1	8.2
สูตร 1 หลังต้ม	61.83	-2.83	3.29	66.91	-2.52	6.65	61.57	-2.53	3.96	64.27	-2.38	4.18	67.65	-2.29	6.36	76.87	-1.96	10.00
สูตร 2 หลังต้ม	62.21	-2.74	2.39	64.65	-2.75	2.05	61.37	-2.67	2.06	62.73	-2.66	0.44	63.31	-2.87	4.00	67.35	-3.36	3.41
สูตร 3 หลังต้ม	60.39	-2.70	0.37	73.36	-2.88	6.31	61.59	-2.55	0.88	72.07	-3.13	3.95	53.38	-2.20	-0.50	65.30	-2.56	4.20
สูตร 4 หลังต้ม	69.98	-3.05	2.31	62.51	-3.41	1.76	71.16	-3.31	12.80	69.41	-3.13	3.92	59.55	-2.26	-1.13	57.69	-2.63	-1.53

ผลการวัดค่าเนื้อสัมผัสของแห้วแช่ในน้ำส้มแห้วโดยการศึกษาระยะเวลาในการแช่แห้วสดในน้ำส้มจากแห้วในปริมาณต่าง ๆ ซึ่งค่าเนื้อสัมผัสไม่มีผลต่อการเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของแห้วสดและแห้วต้ม แต่จะมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสการบริโภคผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวัดค่าเนื้อสัมผัสของแห้วแช่ในน้ำส้มแห้วปริมาณต่าง ๆ

สูตร	เวลาที่แช่ (ชม.)					
	1	2	3	4	5	6
	ค่าความแน่นเนื้อ (g)	ค่าความแน่นเนื้อ(g)	ค่าความแน่นเนื้อ (g)	ค่าความแน่นเนื้อ(g)	ค่าความแน่นเนื้อ (g)	ค่าความแน่นเนื้อ (g)
สูตร 1	1679.61	1843.19	805.86	1813.33	1224.66	1817.76
สูตร 2	2130.06	2096.23	1566.08	1911.74	1379.48	1013.41
สูตร 3	1993.24	2582.92	1470.47	1140.52	1749.41	1809.44
สูตร 4	2220.73	2424.55	1308.64	1571.99	1442.67	1082.31

ค่าpH มีผลต่อการเกิด ionization ของ prototropic group ของเอนไซม์ ที่จับกับ สับสเตรท หรือเปลี่ยนสับสเตรทให้เป็นผลิตภัณฑ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ของ pH จึงส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปสามมิติของ โครงสร้างโปรตีน ซึ่งนำไปสู่การเบี่ยงเบนของการจับ สับสเตรท เอนไซม์จึงมี activity ลดลง ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Yang และคณะ (2000) ที่ ศึกษา pH stabitity ของ PPO บริสุทธิ์ ที่สกัดจากกล้วย (Musa sapientum Linn.) โดยมีสับสเตรท เป็น สารละลาย dopamine ซึ่งพบว่าเอนไซม์มีเสถียรภาพดีที่ pH 5 -11 แต่จะมี activity ลดลงที่ pH < 5 ผลการวัดค่า pH ของแห้วแช่ในน้ำส้มแห้วโดยการศึกษาระยะเวลาในการแช่แห้วสดในน้ำส้มจากแห้วในปริมาณต่าง ๆ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวัดค่า pH ของแห้วแช่ในน้ำส้มแห้วปริมาณต่างหลังต้ม

สูตร	เวลาที่แช่ (ชั่วโมง)					
	1	2	3	4	5	6
สูตร 1	4.41	4.35	4.12	4.45	4.42	4.43
สูตร 2	4.46	4.44	4.58	4.51	4.43	4.45
สูตร 3	4.52	4.55	4.56	4.58	4.41	4.40
สูตร 4	4.58	4.61	4.62	4.65	4.57	4.60



ภาพที่ 14 การใช้ประโยชน์ในการนำน้ำส้มแห้วในการแช่แห้วก่อนต้มและหลังต้ม

3. ผลการระดมความคิดร่วมกับกลุ่มในการจัดการยกระดับการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าสู่มาตรฐานโดยอาศัยการมีส่วนร่วมในการประโยชน์จากแห้วของกลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้ว

ได้มีการเตรียมการเกี่ยวกับการยกระดับการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าสู่มาตรฐาน โดยได้จัดกิจกรรมการระดมความคิดร่วมกับกลุ่มกลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้วโดยมีการวางแผนในการพัฒนาสถานที่ผลิต การจัดการสุขลักษณะส่วนบุคคล และเตรียมระดมความคิดเพื่อออกแบบฉลากบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูแห้ว และชาจากเปลือกแห้ว โดยการการอบรมมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติตนในการผลิตอาหาร สุขลักษณะส่วนบุคคลเบื้องต้น





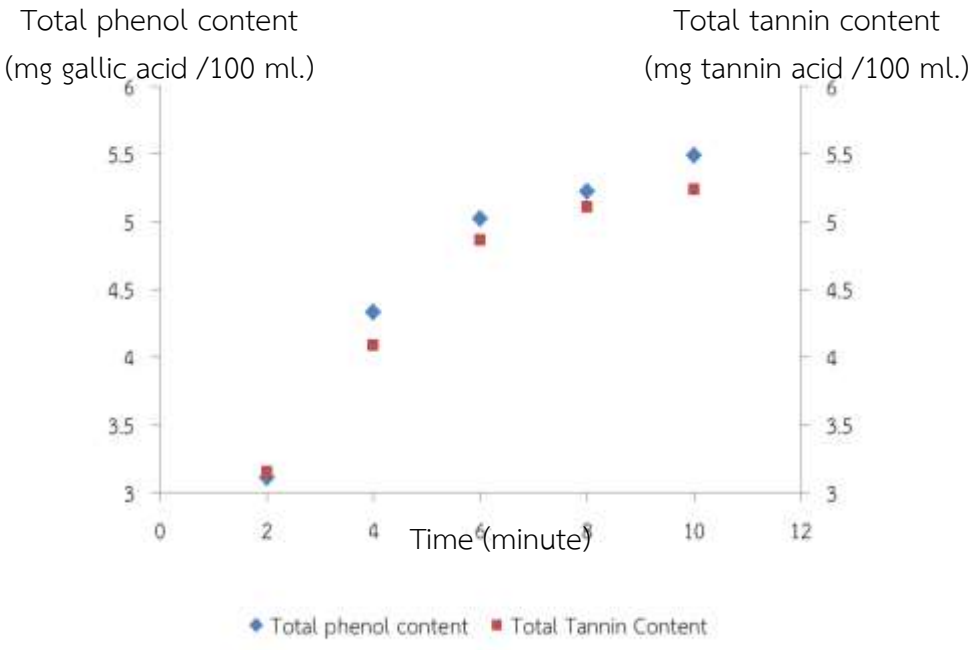



ภาพที่ 15 การระดมความคิดร่วมกับกลุ่มในพัฒนาสถานที่ผลิตและออกแบบผลิตภัณฑ์

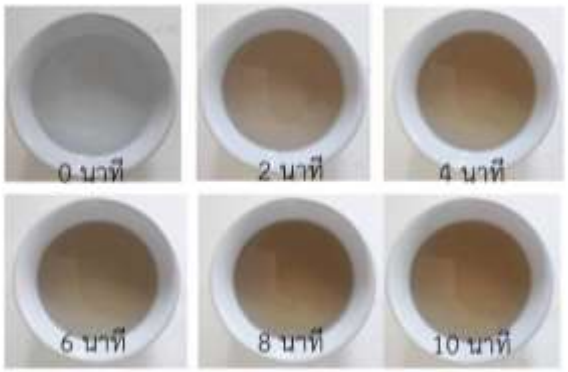
และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในปีที่ผ่านมาได้แก่น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้ว และชาจากเปลือกแห้ว มาวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน เพื่อประกอบการขอรับมาตรฐาน ระดมความคิดในการร่วมออกแบบฉลาก บรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูแห้ว และชาจากเปลือกแห้ว

ผลการยกระดับผลิตภัณฑ์ชาจากเปลือกแห้วและการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดและแทนนินในชาเปลือกแห้วที่ระยะเวลาในการชงชาที่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดและแทนนิน ในน้ำชาที่ใช้ระยะเวลาในการชงที่แตกต่างกัน คือ 2 4 6 8 และ 10 นาที พบว่า ปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดและแทนนินเพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้ระยะเวลาในการชงชามากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 13 โดยปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 3.11±0.04 mg Gallic acid /100ml. เป็น 5.49±0.06 mg Gallic acid/100ml. และปริมาณสารแทนนิน เพิ่มขึ้นจาก 3.15±0.10 mg tannin acid /100 ml. เป็น 5.24±0.07 mg tannin acid /100 ml. เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นจาก 2 นาทีเป็น 10 นาที ลักษณะของน้ำชาใช้ระยะเวลาในการชงที่แตกต่างกัน แสดงดังภาพที่ 15



ภาพที่ 16 ปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดและแทนนินที่ระยะเวลาในการชงชาต่างๆ



ภาพที่ 17 ลักษณะของชาเปลือกแห้วที่ใช้ระยะเวลาในการชงต่างๆ

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคและคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพร

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของน้ำชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพร พบว่า น้ำชาเปลือกแห้วผสมมะตูมและขิงได้รับคะแนนความชอบในด้านสีมากกว่าน้ำชาเปลือกแห้วและน้ำชาเปลือกแห้วผสมตะไคร้ อย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยผู้ทดสอบชิมน้ำชาเปลือกแห้วผสมมะตูมและขิง ให้คะแนนความชอบในระดับชอบปานกลางและให้คะแนนความชอบชาเปลือกแห้วและน้ำชาเปลือกแห้วผสมตะไคร้ในระดับชอบเล็กน้อย น้ำชาเปลือกผสมขิงและมะตูมได้คะแนนความชอบในด้านกลิ่นมากที่สุดโดยมีระดับความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง ผลการทดสอบชิมด้านความชอบในด้านรสชาติ พบว่า น้ำชาเปลือกแห้ว ทั้ง 4 ตัวอย่าง ได้คะแนนความชอบในด้านรสชาติไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง และน้ำชาเปลือกแห้วผสมมะตูมและขิง ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าน้ำชาเปลือกแห้วและน้ำชาเปลือกแห้วผสมตะไคร้ โดยมีระดับความชอบอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง ในขณะที่น้ำชาเปลือกแห้วและน้ำชาเปลือกแห้วผสมตะไคร้ ได้รับคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วงชอบเล็กน้อย ผลแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพร

ตัวอย่าง	คะแนนความชอบ			
	สี^{NS}	กลิ่น	รสชาติ^{NS}	ความชอบโดยรวม
ชาเปลือกแห้ว	6.08^{b}	6.44^{bc}	6.22	6.42^{b}
ชาเปลือกแห้วผสมมะตูม	6.92^{a}	6.76^{ab}	6.58	6.80^{a}
ชาเปลือกแห้วผสมตะไคร้	6.00^{b}	6.34^{c}	6.22	6.44^{b}
ชาเปลือกแห้วผสมขิง	7.12^{a}	6.90^{a}	6.60	6.78^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษภายในคอลัมน์ที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการวิเคราะห์วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพรในด้านค่าสี L* a* b* ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ของน้ำชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพร จากการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำชาจากชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพร พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของน้ำชาทั้ง 4 ตัวอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) น้ำชาจากเปลือกแห้วผสมสมุนไพร มีค่าความสว่างมากกว่าน้ำชาเปลือกแห้วที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม โดยน้ำชาจากเปลือกแห้วผสมขิง มีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมา คือ ชาเปลือกแห้วผสมตะไคร้ ชาเปลือกแห้วผสมมะตูม และชาเปลือกแห้ว ตามลำดับ น้ำชาทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่าความสว่างปานกลาง มีสีแดงออกน้ำเงินเล็กน้อย (moderate Light, Less Red, Less Blue) และมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ($p>0.05$) โดยมีค่า pH อยู่ในช่วงเป็นกลางคือ 6.95±0.09 - 7.34±0.03 แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าสี และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำชาเปลือกแห้ว

ตัวอย่าง	ค่าสี			pH$^{(NS)}$
	L*$^{(NS)}$	a*^{NS}	b*^{NS}	
ชาเปลือกแห้ว	29.52±0.24^{c}	0.03±0.17	-0.66±0.96	7.10±0.03^{b}
ชาเปลือกแห้วผสมมะตูม	29.63±0.19^{bc}	0.05±0.12	-0.16±0.91	6.95±0.09^{c}
ชาเปลือกแห้วผสมตะไคร้	29.76±0.18^{b}	0.12±0.09	-0.78±0.53	7.17±0.04^{b}
ชาเปลือกแห้วผสมขิง	30.21±0.08^{a}	0.17±0.09	-0.93±0.11	7.34±0.03^{a}

หมายเหตุ: ตัวอักษรภาษาอังกฤษภายในคอลัมน์ที่ต่างกัน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{NS} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับชาเปลือกแห้ว

จากการระดมความคิดร่วมกับกลุ่ม โดยการสอบถามความต้องการรูปแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์ต้นแบบ การออกแบกล่องและซองใส่ถุงชา ได้ลักษณะของกล่องชาและซองใส่ถุงชาและรายละเอียดที่ระบุ 2 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 16 และ 17โดยลักษณะของบรรจุภัณฑ์ที่ขึ้นรูปแล้วแสดงดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ตัวอย่างชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพรต่างๆ



ภาพที19 บรรจุภัณฑ์ต้นแบบ กล่องชาและซองใส่ถุงชาแบบที่ 1



ภาพที่ 20 บรรจุภัณฑ์ต้นแบบ กล่องชาและซองใส่ถุงชาแบบที่ 2



ภาพที่ 21 บรรจุภัณฑ์ต้นแบบ กล่องบรรจุชาแห้ว

ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มแห้วในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแห้วโดยอาศัยการมีส่วนร่วม

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์น้ำส้มสาสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วโดยวิเคราะห์ตามมาตรฐาน เพื่อประกอบการขอรับมาตรฐาน โดยมีวิธีการและขั้นตอนโดยการร่วมกับสมาชิกในกลุ่มทำการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้ว นำน้ำต้มแห้วมากรองที่ผ่านผ้าขาวบางเพื่อแยกกากเอาแต่น้ำแห้ว จากนั้นเพิ่ม ตรวจปริมาณน้ำตาลปรับความหวานให้ได้ 20 % และตรวจ/ปรับค่า pH ให้ได้ 4.5 จากนั้นเติม KMS ปิดภาชนะหมักด้วยจุกสำลีทิ้งไว้ 1 คืน เติมเชื้อยีสต์หรือสตาร์ทเตอร์อายุ 2 วัน ปริมาณ 10% อุดจุกสำลี นำไปหมักที่อุณหภูมิห้อง นาน 3-4 สัปดาห์ กรองน้ำแห้วที่หมักที่ได้ ใส่ภาชนะใหม่ หยุดการหมักด้วยการเติม KMS ได้ผลิตภัณฑ์เป็นไวน์ นำไปบรรจุขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

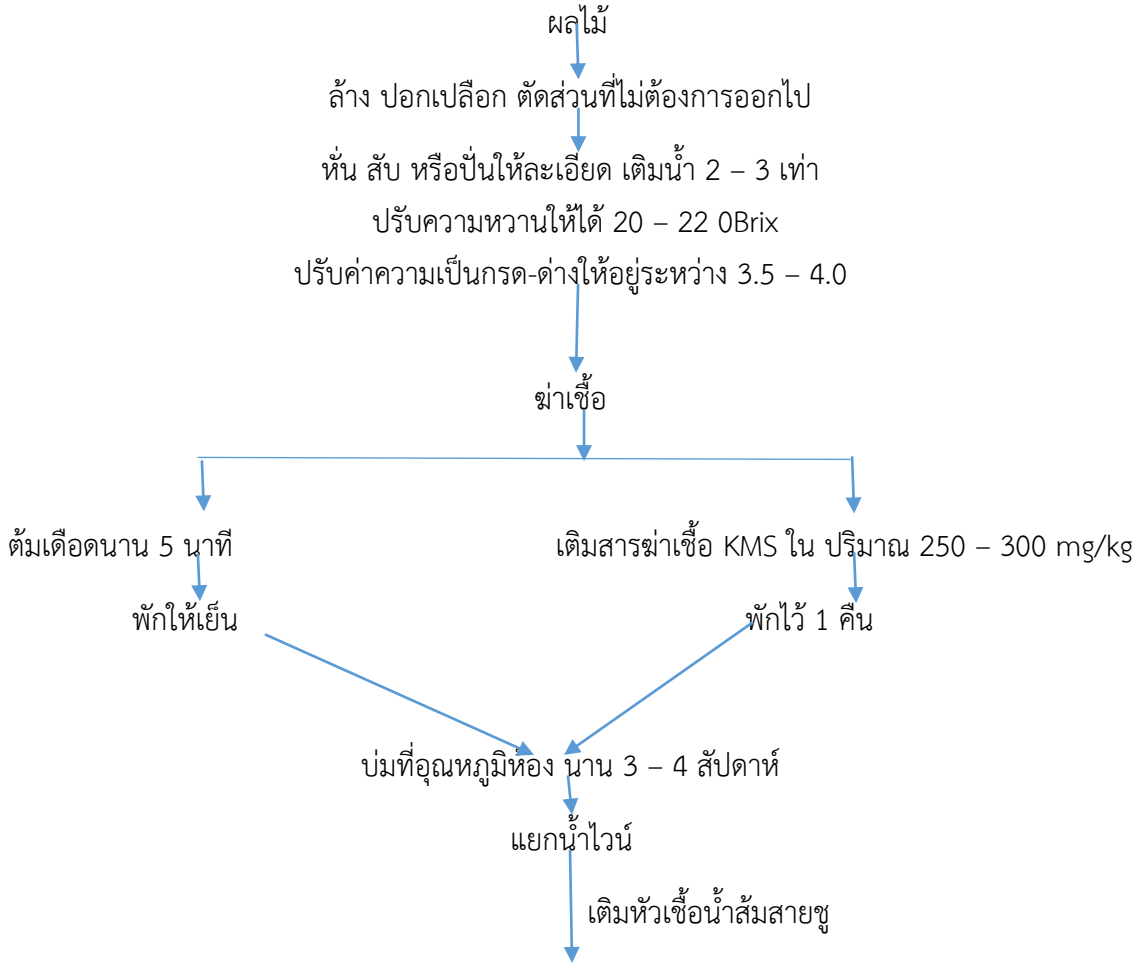
กระบวนการหมักกรดอะซิตริก (น้ำส้มสายชู)

(1) นำไวน์ที่ได้มาหมักให้เป็นกรดอะซิติก คือ การเตรียมหัวเชื้อชนิด *Acetobacter aceti* ในปริมาณความเข้มข้น 10 % ใส่ในน้ำเปลือกสับปะรดปริมาณ 350 มิลลิลิตร บ่ม 48 ชม.

(2) นำหัวเชื้อเชื้อที่ได้ ปริมาณ 350 มิลลิลิตร และไวน์แห้ว ปริมาณ 350 มิลลิลิตร ลงในถาดสแตนเลส คลุมด้วยถุงพลาสติกเจาะรู (หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 - 4 วัน) ได้หัวน้ำส้มสายชูหมัก

(3) จากนั้นนำหัวน้ำส้มสายชูหมักปริมาตร 1 ลิตร มาเทรวมกับไวน์ ปริมาณ 1 ลิตร ลงในถาดสแตนเลส คลุมด้วยถุงพลาสติกเจาะรู (หมักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน) ได้น้ำส้มสายชูหมัก

(4) นำมากรองและต้มฆ่าเชื้อที่ 70 °C นาน 10 นาที นำไปบรรจุขวดที่ผ่านการฆ่าเชื้อ



บ่มในภาชนะปากกว้าง เช่น ถาดสแตนเลส (ที่อุณหภูมิห้อง นาน 7 – 10 วัน)

↓

น้ำส้มสายชูหมัก

↓

ฆ่าเชื้อที่ 70 ^{0}C เป็นเวลา 10 นาที

↓

บรรจุขวด

ภาพที่ 22 กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก



ภาพที่ 23 กิจกรรมการถ่ายทอดกระบวนการผลิตสู่ชุมชน

จากการพัฒนาและต่อยอดการทำน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วได้มีการวิเคราะห์องค์ประกอบและคุณค่าทางโภชนาการตามมาตรฐาน คือ จากผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้ว

การทดสอบ				ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2
	Unit	LOD	LOQ	Result	Result
Arsenic(As)	mg/kg	0.018	0.122	< LOQ	< LOQ
Copper(Cu)	mg/kg	0.03	0.62	< LOQ	< LOQ
Iron(Fe)	mg/kg	0.10	1.72	< LOQ	7.96
Lead(Pb)	mg/kg	0.02	0.12	Not Detected	Not Detected
Sulphur dioxide(SO_2)	mg/kg	0.50	1.5	459.40	39.47
Total Acidity as acetic acid	g/100ml	-	-	2.70	3.52
Vitamin C	mg/100ml	0.10	-	Not Detected	Not Detected
Zinc(Zn)	mg/kg	0.02	0.69	1.04	1.03

จากการระดมความคิดร่วมกับกลุ่ม โดยการสอบถามความต้องการรูปแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์ต้นแบบ การออกแบบฉลากและบรรจุภัณฑ์ของผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูแห้ว ได้ลักษณะของฉลากและบรรจุภัณฑ์ ดังแสดงในภาพที่ 24 - 27



ภาพที่ 24 ฉลากและบรรจุภัณฑ์ต้นแบบผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมัก



ภาพที่ 25 ฉลากและบรรจุภัณฑ์ต้นแบบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำหมักเพื่อสุขภาพ



ภาพที่ 26 ฉลากและบรรจุภัณฑ์ต้นแบบผลิตภัณฑ์สาโท



ภาพที่ 27 ฉลากและบรรจุภัณฑ์ต้นแบบผลิตภัณฑ์จากน้ำต้มแห้ว

บทที่ 3
การดำเนินงานด้านการพัฒนางานวิจัยเชิงประเด็น

ในการดำเนินงานด้านการพัฒนางานวิจัยเชิงประเด็นการศึกษาการศึกษาการเกิดจุดดำในแห้ว และการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน สามารถสรุปเป็นประเด็นที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

การเกิดจุดดำในแห้วโดยทำการศึกษาเกี่ยวกับสีดำส่วนกลางของแห้ว

ในการศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วโดยทำการศึกษาเกี่ยวกับสีดำส่วนกลางของแห้ว ในการเกิดจุดดำในแห้ว เกิดจากสารตั้งต้น คือ สารประกอบฟินอล ซึ่งเป็นสารฟลาโวนอยด์ และเอนไซม์ ในกลุ่มฟีนอเลส เช่น polyphenol oxidase (PPO)จะมี optimum temperature อยู่ ในช่วง 25-35℃ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี อยู่ในสภาวะที่ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 5 ถึง 7 โดยเนื้อแห้วมี optimum pH เท่ากับ 5.0 เกิดปฏิกริยาออกซิเดชัน ทำให้เอนไซม์ สารที่ทำปฏิกิริยา และออกซิเจนเข้ามาสัมผัสกัน สาร monophenol (ไม่มีสี) จะถูกออกซิไดซ์ เป็นไดฟีนอล (diphenol) ซึ่งไม่มีสี และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น *o*-quinone ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อกับกรดแอมิโนหรือโปรตีนได้เป็นสารสีน้ำตาล และจะรวมตัวกันเป็นพอลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีสีน้ำตาลซึ่งสอดคล้องกับการพิสูจน์โดยศึกษาปริมาณสารสำคัญได้แก่สารประกอบฟีนอลลิกคือ ในเปลือกแห้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 148.43 mg Gallic acid/ml จุดดำตรงกลางมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก89.50mg Gallic acid/ml และเนื้อแห้วมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 75.25mg Gallic acid/ml มีส่วนของ basal plate และส่วนของ medulla ที่เชื่อมต่อกับรากซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการดูดซึมน้ำและแร่ธาตุต่างๆ พบว่าบริเวณตรงกลางจะมีมัดท่อลำเลียงเป็นท่อเล็กอยู่มากมาย ดังนั้น เมื่อ ผิวของแห้วนั้นถูกปอกออก บริเวณนี้จึงมีสีเข้มเป็นจุดดำมากกว่าตรงบริเวณอื่น ดังนั้นการที่แห้วมีจุดสีดำ หรือสีน้ำตาลเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารประกอบฟินอลิก ซึ่งไม่มีความเป็นพิษจากการเกิดสีดำของแห้ว มีผลเพียงทำให้มีลักษณะภายนอกมองไม่สวยงาม แต่ต้องมีการประชาสัมพันธ์หรืออธิบายทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเกิดการเปลี่ยนสีของแห้ว จะทำให้เกิดการยอมรับมากขึ้น

การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลคือการทำให้อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น และ ค่า pH ต่ำกว่า 5 สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้

การศึกษาผลของปริมาณและเวลาในการใช้น้ำส้มสายชูแห้วในแห้วสดและผลิตภัณฑ์แห้ว

จากกระบวนการผลิตแห้วต้มของกลุ่มผู้แปรรูปแห้ว อ.วังยาง อ.ศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี มีส่วนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตคือน้ำต้มแห้ว และเมื่อวัดค่าTSS ได้เท่ากับ 12.33 จึงได้ผลการเรียนรู้ในการนำน้ำต้มแห้วผลิตเป็นน้ำส้มสายชู การศึกษาผลของปริมาณและเวลาในการใช้น้ำส้มสายชูแห้วในแห้วสดและผลิตภัณฑ์แห้วน้ำส้มสายชูจากน้ำต้มแห้วจากการทดลองมีค่า pH เท่ากับ 2.81 และปริมาณ CH_3COOH เท่ากับ 4.14 %สามารถใช้แช่แห้วปอกเปลือกได้ และพบว่าระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นทำให้สามารถลดการเกิดสีดำในแห้วต้มได้ โดยกรดอะซีติกในน้ำส้มแห้ว สามารถยับยั้งกิจกรรมของ PPO ได้สอดคล้องกับ Yang และคณะ (2000) ศึกษาสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง PPO จากกล้วย *Musa sapientum* L. พบว่า ซีสเตอีน กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริก และกรดอะซีติก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของ PPO ได้ดี กรดแอสคอร์บิคจึงถูกนำมาใช้บ่อยที่สุดสำหรับการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลใน

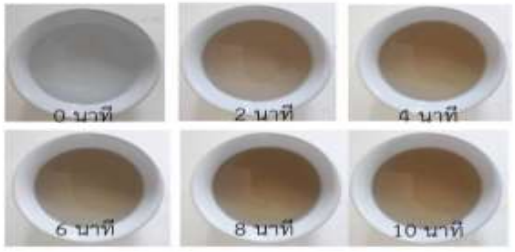
ผลิตภัณฑ์อาหาร รวมถึงการใช้กรดในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้สอดคล้องกับ Martinez และ Whitaker (1995) ระบุว่าการปรับลดค่า pH ของระบบให้มีค่า pH ไม่เกิน 4 ด้วยกรดต่างๆ เช่น กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริก และกรดอะซีติก สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของน้ำผลไม้ และชิ้นผลไม้ได้

ดังนั้นในน้ำส้มแห้วที่หมักจากน้ำต้มแห้วและเกิดสภาวะความเป็นกรด จึงสามารถใช้ในการรักษาสีของแห้วหรือช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นได้ สามารถยับยั้งกิจกรรมของ PPO

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์ชาเปลือกแห้ว และผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูแห้วตามมาตรฐานเพื่อประกอบการขอรับมาตรฐาน

การวิจัยการใช้ประโยชน์ ในการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ของกระบวนการผลิตแห้วต้มโดยได้กระบวนการผลิตชาเปลือกแห้วเป็นชาแห้ว โดยชาที่ได้จากเปลือกแห้วนำไปต้มนึ่งที่อุณหภูมิน้ำเดือด คั่วคั่วไฟอ่อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 55องศาเซลเซียส ได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุดน้ำชาที่ได้ทั้งหมดมีสีแดงออกน้ำเงินเล็กน้อย มีค่าความสว่างปานกลาง (moderate Light, Less Red, Less Blue) และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก (mg Gallic acid/100g) และความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น (%DPPH) โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 3.11±0.04 mg Gallic acid /100ml. เป็น 5.49±0.06 mg Gallic acid/100ml. และปริมาณสารแทนนิน เพิ่มขึ้นจาก 3.15±0.10 mg tannin acid /100 ml. เป็น 5.24±0.07 mg tannin acid /100 ml. เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นจาก 2 นาทีเป็น 10 นาที ลักษณะของน้ำชาใช้ระยะเวลาในการชงที่แตกต่างกัน มีค่า pH อยู่ในช่วงเป็นกลางคือ 6.95 - 7.34 และบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมคือลักษณะกล่องที่มีสีน้ำตาล สีที่คล้ายกับสีของชา ดังภาพ







การวิจัยการใช้ประโยชน์ ในการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ของกระบวนการผลิตแห้วต้มโดยได้กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วและต้นแบบฉลากและบรรจุภัณฑ์ และข้อมูลผลิตภัณฑ์มีปริมาณกรดอะซิตริก อยู่ระหว่าง 2.70-3.52g/100ml มีปริมาณ Arsenic(As)และCopper(Cu)น้อยกว่ามาตรฐานและไม่พบ Lead(Pb) โดยได้กระบวนการผลิตน้ำส้มแห้วคือ น้ำต้มแห้วปรับความหวานให้ได้ 20 – 22 °Brixปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ระหว่าง 3.5 – 4.0 นำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนต้มเดือดนาน 5 นาที พักให้เย็นเติมสารฆ่าเชื้อ KMS ใน ปริมาณ 250–300 mg/kg บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 3–4 สัปดาห์เติมหัวเชื้อน้ำส้มสายชู บ่มในภาชนะปากกว้าง เช่น ถาดสแตนเลส ที่อุณหภูมิห้อง นาน 7–10วัน ได้น้ำส้มสายชูหมัก นำไปฆ่าเชื้อที่ 70 ^{0}C เป็นเวลา 10 นาทีบรรจุขวด



บทที่ 4
ข้อวิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วและการยกระดับผลิตภัณฑ์แห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่การขอรับมาตรฐานโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเกิดลักษณะจุดดำในแห้วการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มแห้วในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากแห้วและเพื่อยกระดับการผลิตภัณฑ์จากแห้วแปรรูปเพื่อเข้าสู่ระบบมาตรฐานอาหารปลอดภัยโดยการมีส่วนร่วมของชุมชน ทำการศึกษาและลงพื้นที่ทำกิจกรรม โดยการสัมภาษณ์และเก็บตัวอย่างแห้วโดย ลงพื้นที่ ณ กลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้ว ต.วังยาง อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี

1.การศึกษาการเกิดลักษณะจุดดำในแห้วทางกายภาพและเคมีโดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิคในเปลือกแห้ว 148.43 mg Gallic acid/ml เฉพาะจุดดำตรงกลาง 89.50 mg Gallic acid/ml และส่วนที่เป็นเนื้อ 75.25 mg Gallic acid/ml และศึกษา % ความสามารถในการต้านออกซิเดชั่น(DPPH scavenging activity)ของจุดดำ และเนื้อแห้ว พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยพบในเปลือกแห้ว 72.65 % เฉพาะจุดดำตรงกลาง 63.10 % และส่วนที่เป็นเนื้อ 45.16 % การหาปริมาณโปรตีนจากเนื้อแห้ว 200 กรัม จะได้ crude PPO ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ลักษณะขาวขุ่น มีปริมาณโปรตีนเท่ากับ 0.33±0.01 μg/g และมี PPO activity เท่ากับ .087±0.001 units/mg protein ผลการศึกษา optimum pH และ pH stability ของ crude PPO จากการศึกษาพบว่า crude PPO จากเนื้อแห้วมี optimum pH เท่ากับ 5.0 มี activity เหลืออยู่ 34.18 % ที่ pH 3.0 และเหลืออยู่ 11.23 % ที่ pH 9.0 โดยเอนไซม์ยังมี activity เหลืออยู่ 70 % เมื่อบ่มในสารละลายบัฟเฟอร์ที่ช่วง pH 4.0 – 9.0 อุณหภูมิ 0 °C เป็นเวลา 30 นาที เอนไซม์ polyphenol oxidase มีค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 5 ถึง 7 และ pH ต่ำสุดประมาณ 3 optimum temperature และ temperature stability ของ crude PPO จากผลการทดลองพบว่า crude PPO จากเนื้อแห้วตัดแต่งมี optimum temperature เท่ากับ 30 °C และที่อุณหภูมิ 55 °C crude PPO มี activity เหลือ 60.11 % น้ำตาลรีดิวส์ ผลแห้วมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 5.54g/100g โดยมีน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ1.27g/100g และมีน้ำตาลนอนรีดิวซ์เท่ากับ 4.27g/100g การที่แห้วมีสีคล้ำหลังจากการปอกเปลือกพบว่า เกิดจากการเกิดสีน้ำตาลจากการทำงานของเอนไซม์เป็นผลมาจาก เอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol Oxidase: PPO) ภายในเซลล์ของแห้ว ที่เมื่อปอกเปลือกแล้วมีโอกาสสัมผัส และทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิค (phenolic compounds) เกิดเป็นสารประกอบพวกเมลานิน (melanin) ที่มีสีน้ำตาล ทั้งนี้มีปัจจัยหลายประการที่ ส่งผลต่อคุณลักษณะและ Activity ของ PPO เช่น pH อุณหภูมิ กระบวนการในการตัดแต่งหรือปอกเปลือกแห้ว

2.ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อต่อยอดการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสนับสนุนการยกระดับผลิตภัณฑ์อาหารปลอดภัยสามารถนำส้มแห้วต่อยอดการวิจัยโดยนำแห้วสดแช่ และศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ โดยสามารถแช่แห้วได้โดยลักษณะของผลิตภัณฑ์ไม่แตกต่างกันระยะเวลาในการแช่เพิ่มขึ้นทำให้สามารถลดการเกิดสีดำในแห้วต้มได้โดยค่าสี L* ลดลงโดยอยู่ระหว่าง 83.6 - 80.1 เป็น69.98 - 57.69 ค่าเนื้อสัมผัสอยู่ระหว่าง 2220.73 -2130.06 เป็น1817.76-1013.41 ค่า pHของแห้วแช่ในน้ำส้มแห้ว อยู่ระหว่าง 4.12- 4.65 ค่า pH ที่ต่ำกว่า 5 สามารถยับยั้งกิจกรรมของ PPO ได้ดีที่สุด สอดคล้องกับ Martinez และ Whitaker (1995) ระบุว่าการปรับลดค่า pH ของระบบให้มีค่า pH ไม่เกิน 4 ด้วยกรดต่างๆ เช่น กรดแอสคอร์บิค กรดซิตริก และกรดอะซีติก สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของน้ำผลไม้

3.จากการระดมความคิดร่วมกับกลุ่มในการจัดการยกระดับการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าสู่มาตรฐานโดยอาศัยการมีส่วนร่วมในการประโยชน์จากแห้วของกลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้ว มีการเตรียมการเกี่ยวกับการยกระดับการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าสู่มาตรฐาน โดยได้จัดกิจกรรมการระดมความคิดร่วมกับกลุ่มกลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้วโดยมีการวางแผนในการพัฒนาสถานที่ผลิต การจัดการสุขลักษณะส่วนบุคคล จากการดำเนินงานการยกระดับผลิตภัณฑ์ชาจากเปลือกแห้ว ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ ฟินอลิกทั้งหมดและแทนนิน พบว่า ระยะเวลาในการชงชาที่มากขึ้น มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดและแทนนินที่เพิ่มมากขึ้น จากการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดและแทนนิน ในน้ำชาที่ใช้ระยะเวลาในการชงที่แตกต่างกัน คือ 2 4 6 8 และ 10 นาที พบว่า ปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดและแทนนินเพิ่มมากขึ้น เมื่อใช้ระยะเวลาในการชงชามากขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 13 โดยปริมาณสารประกอบฟินอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 3.11$\pm$0.04 mg Gallic acid /100ml. เป็น 5.49$\pm$0.06 mg Gallic acid/100ml. และปริมาณสารแทนนิน เพิ่มขึ้นจาก 3.15$\pm$0.10 mg tannin acid /100 ml. เป็น 5.24$\pm$0.07 mg tannin acid /100 ml. เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นจาก 2 นาทีเป็น 10 นาที ลักษณะของน้ำชาใช้ระยะเวลาในการชงที่แตกต่างกัน การทดสอบทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพร พบว่า น้ำชาเปลือกแห้วผสมขิง ได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุดือ รองลงมา คือ ชาเปลือกแห้วผสมมะตูมและตะไคร้ ตามลำดับ ตัวอย่างน้ำชาที่ได้ทั้งหมดมีสีแดงออกน้ำเงินเล็กน้อย มีค่าความสว่างปานกลาง (moderate Light, Less Red, Less Blue) มีค่าความเป็นกรดด่างมีค่าไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วงเป็นกลางการวิเคราะห์วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี-กายภาพของน้ำชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพรในด้านค่าสี L* a* b* ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (TSS) ของน้ำชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพร จากการวิเคราะห์ค่าสีของน้ำชาจากชาเปลือกแห้วผสมสมุนไพร พบว่า ค่าความสว่าง (L*) ของน้ำชาทั้ง 4 ตัวอย่าง มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) น้ำชาจากเปลือกแห้วผสมสมุนไพร มีค่าความสว่างมากกว่าน้ำชาเปลือกแห้วที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม โดยน้ำชาจากเปลือกแห้วผสมขิง มีค่าความสว่างมากที่สุด รองลงมา คือ ชาเปลือกแห้วผสมตะไคร้ ชาเปลือกแห้วผสมมะตูม และชาเปลือกแห้ว ตามลำดับ น้ำชาทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่าความสว่างปานกลาง มีสีแดงออกน้ำเงินเล็กน้อย (moderate Light, Less Red, Less Blue) และมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ($p>0.05$) โดยมีค่า pH อยู่ในช่วงเป็นกลางคือ 6.95$\pm$0.09 - 7.34$\pm$0.03

ในน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วพบว่ามีปริมาณTotal Acidity as acetic acid อยู่ระหว่าง 2.70 -3.52 g/100ml ปริมาณ Sulphur dioxide (SO_2) มีปริมาณ 39.47 – 459.40 ปริมาณ Arsenic (As) , Copper (Cu) , Iron (Fe) มีปริมาณน้อยกว่า 0.122 ,0.62 และ 1.72mg/kg ตามลำดับ และไม่พบปริมาณ Lead (Pb) ในตัวอย่างและผลจากการระดมความคิดร่วมกับกลุ่มในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ ได้ลักษณะของกล่องชา ซองใส่ถุงชาและน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วโดยมีรายละเอียดตามที่กลุ่มกำหนด

ข้อเสนอแนะ

1.จากผลการวิจัยที่ได้ทำการทดลองและศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วต้ม พบว่าเป็นการทำปฏิกิริยาของสารประกอบฟินอลิก เอนไซม์ และเกิดสีน้ำตาลขึ้น ผลที่เกิดขึ้นไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค จึงสมควรเผยแพร่ให้กลุ่มเกษตรกรทราบ

2.ในการทำแห้วต้ม ในกระบวนการมีการแช่สารฟอกขาว หรือสารเคมี ที่ทำให้แห้วขาวขึ้น จากการทดลองพบว่าการทำให้แห้วต้มมีสีขาวขึ้นแบบธรรมชาติ สามารถทำได้โดยใช้สารธรรมชาติที่มีสภาวะความเป็นกรด โดยสามารถใช้น้ำส้มแห้วในการแช่แห้วสดก่อนกระบวนการต้มได้

บรรณานุกรม

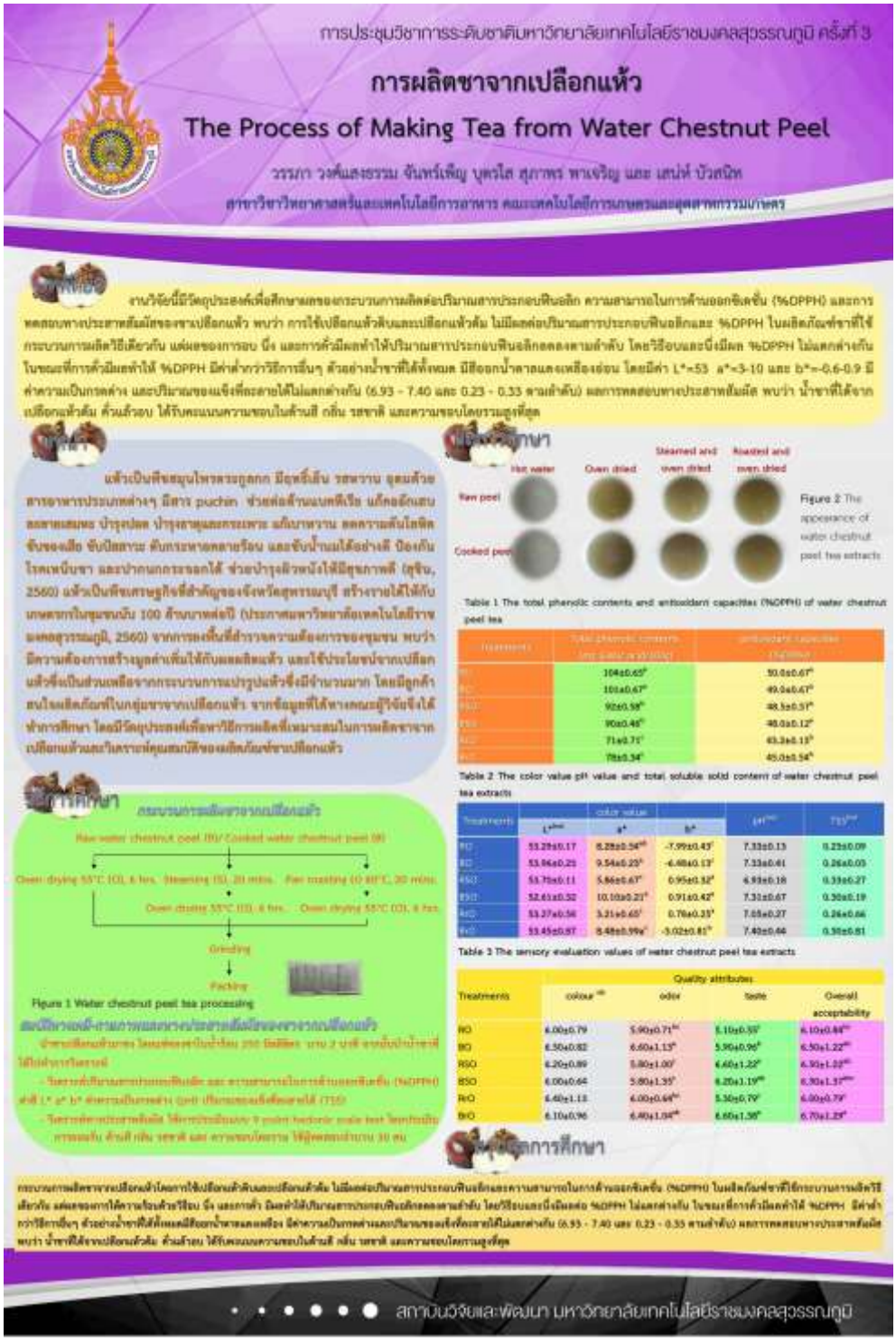
1. กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549. การผลิตสินค้าเกษตรที่ปลอดภัย ได้มาตรฐานและกระบวนการส่งเสริม. แหล่งข้อมูล: https://goo.gl/tU0G3l. ค้นเมื่อ 18 สิงหาคม 2560.
2. จุฑามาศ มณีวงศ์. 2551. การผลิตน้ำส้มสายชูจากสาโท, รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยแม่โจ้
3. จินตนาภรณ์ วัฒนธร. 2555. การพัฒนาผลิตผลจากพืชเพื่อใช้ประโยชน์ด้านสุขภาพ. แก่นเกษตร. 40: 4, 9-10.
4. จันทิมา นามโชติ ศศมล ผาสุข และ ปัณณ์รภัส ถกลภักดี. 2556. ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบกิ่งมะขวิดที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5, 251-260.
5. ชมัยพร รอดกลิ่น, เอกรัฐ ศรีสุข และ กล่าวขวัญ ศรีสุข. 2560. ผลของสภาวะการสกัดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนต่างๆ ของส้มซ่า. วิทยาศาสตร์บูรพา. 22:1, 211-225.
6. นิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. เคมีอาหาร Food Chemistry. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สานักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
7. ปรียนันท์ บัวสด. 2549. การตรวจสอบความสามารถในการเป็นสารแอนตี้ออกซิแดนท์ของเครื่องดื่มชาโดยวิธีไซคลิกโวล-แทมเมตรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิต วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
8. พงศธร ล้อสุวรรณ, จิตศิริ รัชตนพันธุ์ และ ศศิธร จันทนวรางกูร. 2551. สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด สมบัติการต้านอนุมูล อิสระและการต้านจุลินทรีย์ของเปลือกผลไม้. น. 554-561. ใน: การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้ง ที่ 46.
9. วรรณภา ทาบโลกา. 2556. การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากมะขามป้อม, รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออก
10. ผานิต รุจิรพิสิฐ. 2549. องค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของแป้งฟลาวร์และสตาร์ชจากแห้วจีน .รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, 2549
11. ศรัณย์ ลาภนิธิพร, ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2555. องค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติการ ต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะม่วงหิมพานต์. ว. วิทย์. กษ. 43(2)(พิเศษ): 409-412.
12. สิริรัฐ สุดประเสริฐ. 2546. การควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์กล้วย Musa sapientum L. ปริญญานิพนธ์.
13. สิริรัตน์ สังวิบุตร และนัดดา เศรษฐีพ่อค้า. 2559. การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของเปลือกแห้วและแป้งแห้ว อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรีม,ปัญหาพิเศษ. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ .พระนครศรีอยุธยา.
14. เสน่ห์ บัวสนิท จันทร์เพ็ญ บุตรใส สุภาพร พาเจริญ และวรรภา วงศ์แสงธรรม.2559. การศึกษาวิธีการลดการเกิดจุดดำในแห้วต้มและการใช้ประโยชน์จากน้ำต้มแห้วและเปลือกแห้วหลังกระบวนการตัดแต่ง,รายงานวิจัย.สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ .พระนครศรีอยุธยา.

15. Bradford, MM. 1976. A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantitites of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248- 254.
16. Galeazzi, M. A. M., Sgarbieri, V. C., and Constantinides, S.M. 1981. Isolation, purifioation and physiochemical characterization of polyphenol oxidase (PPO) from a dwarf variety of banana (Musa cavendishii L.). Journal of Food Science. 46: 150-155.
17. Lim, Y. Y., Lim, T. T. and Tee, J. J. 2007. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. Food Chemistry 103, 1003-1008
18. Kim, D.O., K.W. Lee, H.J. Lee and C.Y. Lee. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 50: 3713-3717.
19. Whitaker, J. R.1972. Principles of Enzymology for the Food Science. New York: Marcle Dekker.
20. Whitaker, J.R. 2003. Regulatory issues of food enzymes used in the United states. *In.* J.R. Whitaker, A.G.J. Voragen and D.W.S. Wong, eds. Handbook of food enzymology. Marcel Dekker, Inc., New York. 1108 p.
21. Tesfaye, w., M, L, Moraes., M.C, Garcia Parrilla., and A.M, Troncoso. 2002. vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. Food Science and Technology. 13: 12-21
22. Ye, X.J., S, Morimura., L.s, Han., T, Shigematsu., and K, Kida. 2004. In vitro evaluation of physiological activity of vinegar produced from barley-, sweet potato-, and rice-shochu post-distillation slurry. Bioscience. Biotechnology. Biochemistry. 68: 551-556

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
กระบวนการทำงานและการถ่ายทอดเทคโนโลยี

1.การนำเสนอผลงานเผยแพร่งานวิจัย



2.ตารางเปรียบเทียบการดำเนินกิจกรรม

กิจกรรม (ตามTOR)	ผลที่คาดหวัง (ตามTOR)	ผลที่เกิดขึ้นจริง	คำชี้แจง (ทำได้หรือไม่ได้เพราะอะไร)
ศึกษาการเกิดจุดดำในแห้วโดยทำการศึกษาเกี่ยวกับสีดำส่วนกลางของแห้ว โดยนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่มีผลต่อการเกิดสีในแห้ว โดยวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล ปริมาณโปรตีน และการศึกษาภาพตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์	ตาม วัตถุประสงค์ที่ 1	ข้อมูลองค์ประกอบที่มีผลต่อการเกิดสีในแห้ว	ทำได้ วัตถุประสงค์ที่ 1
ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ โดยการศึกษาผลของปริมาณและเวลาในการใช้น้ำส้มสายชูแห้วในแห้วสดและผลิตภัณฑ์แห้ว	ตาม วัตถุประสงค์ที่ 2	ข้อมูลผลของปริมาณและเวลาในการใช้น้ำส้มสายชูแห้วในแห้วสดและผลิตภัณฑ์แห้ว	ทำได้ วัตถุประสงค์ที่ 2
วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์ชาเปลือกแห้วตามมาตรฐาน เพื่อประกอบการขอรับมาตรฐาน วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูแห้วตามมาตรฐาน เพื่อประกอบการขอรับมาตรฐาน	ตาม วัตถุประสงค์ที่ 3	ข้อมูลองค์ประกอบของฉลากและบรรจุภัณฑ์ คุณค่าทางโภชนาการชา และน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้ว	ทำได้ วัตถุประสงค์ที่ 3

3.กิจกรรมเผยแพร่งานวิจัย



ภาพผนวกที่ 1 การนำเสนอผลกการวิจัยใช้ประโยชน์ของงานวิจัย





ภาพผนวกที่ 2 การใช้ประโยชน์ของงานวิจัยกับกลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้ว





ภาพผนวกที่ 3 การดำเนินกิจกรรมของกลุ่มและการออกงาน





ภาพผนวกที่ 4 การถ่ายทอดองค์ความรู้กลุ่มสตรีแม่บ้าน อสม แปรรูปผลิตภัณฑ์แห้วเรื่อง การออกแบบสถานที่การผลิต

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพ

1. การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total Phenolic Compound)

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด (Total Phenolic Compound)โดยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric method ตามวิธีของ Wolfe*, et al.,* (2003) โดยเตรียมสารละลายสารละลาย Folin-Ciocalteu 10 % ในน้ำกลั่น (เก็บไว้ใช้ได้) สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 5% ในน้ำกลั่น (เก็บไว้ใช้ได้) และสารละลายมาตรฐาน gallic acid

<u>ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย</u>

เตรียมสารละลาย gallic acid ความเข้มข้น 100 microgram/ml ปริมาตร 50 ml

↓

เจือจางที่ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60, และ 80 microgram /ml ปริมาตร 5 ml

↓

ปรับปริมาตรของสารละลายมาตรฐานด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 5 ml

<u>ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมด</u>

สารละลายมาตรฐาน (0-100 microgram/ml) หรือตัวอย่างปริมาตร 0.4 ml (3 ซ้ำ)

↓

เติม Folin-Ciocalteu 2 ml. ทิ้งไว้ 4 นาที

↓

เติมสารละลาย Na_2CO_3 1.6 ml. เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
(สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ความเข้มของสีตามความเข้มข้นของ gallic acid)

↓

Centrifuge ที่ความเร็วรอบ 5000 rpm 10 นาที

↓

นำสารละลายส่วนใสวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm.(ใช้น้ำกลั่นเป็น blank)

↓

พลอตกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของ gallic acid (microgram/ml)

↓

คำนวณปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์ปริมาณ 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) Radical Scavenging Capacity)

เป็นการศึกษาความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ความเข้มข้นต่างๆ ของตัวอย่างกับสารละลายมาตรฐาน DPPH ติดตามปฏิกิริยาโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 mm ที่ 30 นาทีจนกระทั่งค่าการดูดกลืนแสงคงที่ ปฏิกิริยา reduction ขึ้นอยู่กับสีที่ซีดจางลง % DPPH ที่คงเหลืออยู่คำนวณได้จาก

$$\%DPPH_{rem} = 100 \times [DPPH]_{rem}/[DPPH]_{T=0}$$

<u>ขั้นตอนการเตรียมสารเคมี</u>

- สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 200 micromole (μM) (DPPH, MW 394.33 g/mol)
- เตรียมตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ ตัวอย่างน้ำแห้วจากส่วนต่างๆ

เจือจางที่ความเข้มข้นเริ่มต้นจาก 10 microlitre ปริมาตร 25 ml
(ปิเปตน้ำแห้ว 0.25 ml ปรับปริมาตรด้วย ethanol ให้ได้ 25 ml)

↓

เจือจางด้วย Ethanol ที่ความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 microlitre
(ใช้น้ำแห้วที่ 10 microlitre ปริมาตร 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 และ 1.25 ml ตามลำดับ)

↓

ปรับปริมาตรด้วย Ethanol ให้ได้ 5 ml
(เติม 4.75, 4.5, 4.25, 4 และ 3.75 ml ตามลำดับ)

<u>ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณ</u>

สารละลายความเข้มข้น (0-2.5 microlitre) หรือตัวอย่างปริมาตร 1.5 ml (3 ซ้ำ)

↓

เติมสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 200 micromole (μM) 1.5 ml เขย่าให้เข้ากัน

↓

ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที
(สารละลายจะมีสีซีดม่วงจางลงตามความเข้มข้นของสารละลาย)

↓

วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 nm.(ใช้ ethanol เป็น blank)

↓

คำนวนค่า% radical scavenging activity จาก

$\%DPPH_{rem} = 100 \times [DPPH]_{rem}/[DPPH]_{T=0}$

↓

พลอตกราฟมาตรฐานระหว่างค่า% radical scavenging activity และความเข้มข้น

↓

คำนวณ% radical scavenging activity ลดลงร้อยละ 50



ภาพผนวกที่ 5 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนและน้ำตาล



ภาพผนวกที่ 6 การเตรียมตัวอย่างเพื่อส่องกล้องจุลทรรศน์





Test Report

Report no.: 1801091-001-01
Client name: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
60 หมู่3 ถ.สายเอเชีย (กรุงเทพฯ-นครสวรรค์) ต.ท้ายตรา อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา
13000
Operation no.: 1801091-001
Sample description: น้ำส้มสายชูหมัก (คอ.1)
Sample condition: packed in 4 glass bottle(s), normal condition
Date received: 25 January 2018
Date tested: 29 January - 3 February 2018

Test item(s)	Test method	Acc.	Unit	Result	LOD	LOQ
Arsenic (As)	In-house method T9153 based on AOAC (2012) 986.15	DMSc	mg/kg	< LOQ	0.018	0.122
Copper (Cu)	In-house method T9152 based on AOAC (2012) 984.27	DMSc	mg/kg	< LOQ	0.03	0.62
Iron (Fe)	In-house method T9152 based on AOAC (2012) 984.27	DMSc	mg/kg	< LOQ	0.10	1.72
Lead (Pb)	In-house method T9166 based on AOAC (2012) 999.10	DMSc	mg/kg	Not Detected	0.02	0.12
Sulphur dioxide (SO_2)*	Based on AOAC (2012), 990.28	-	mg/kg	459.40	0.50	1.5
Total Acidity as acetic acid	AOAC (2012) 930.35 (J)	-	g/100 mL	2.70	-	-
Vitamin C	In-house method T972 based on International Federation of Fruit Juice Producers (IFU), No.17a, 1995	-	mg/100 mL	Not Detected	0.10	-
Zinc (Zn)	In-house method T9152 based on AOAC (2012) 984.27	DMSc	mg/kg	1.04	0.02	0.69

Remark : Acc. = ISO/IEC 17025 Accredited
LOD = Limit of Detection
LOQ = Limit of Quantitation
* mean that the test item(s) was/were analysed by subcontractor

ภาพผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วตัวอย่างที่1

Accreditation No. 1005/42

Test Report

Report no.: 1801091-002-01
Client name: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
60 หมู่3 ถ.สายเอเชีย (กรุงเทพฯ-นครสวรรค์) ต.ห้วยตรา อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา
13000
Operation no.: 1801091-002
Sample description: น้ำส้มสายชูหมัก (ตย.2)
Sample condition: packed in 4 glass bottle(s), normal condition
Date received: 25 January 2018
Date tested: 29 January - 3 February 2018

Test item(s)	Test method	Acc.	Unit	Result	LOD	LOQ
Arsenic (As)	In-house method T9153 based on AOAC (2012) 986.15	DMSc	mg/kg	< LOQ	0.018	0.122
Copper (Cu)	In-house method T9152 based on AOAC (2012) 984.27	DMSc	mg/kg	< LOQ	0.03	0.62
Iron (Fe)	In-house method T9152 based on AOAC (2012) 984.27	DMSc	mg/kg	7.96	0.10	1.72
Lead (Pb)	In-house method T9166 based on AOAC (2012) 999.10	DMSc	mg/kg	Not Detected	0.02	0.12
Sulphur dioxide (SO_2)*	Based on AOAC (2012), 990.28	-	mg/kg	39.47	0.50	1.5
Total Acidity as acetic acid	AOAC (2012) 930.35 (J)	-	g/100 mL	3.52	-	-
Vitamin C	In-house method T972 based on International Federation of Fruit Juice Producers (IFU), No.17a, 1995	-	mg/100 mL	Not Detected	0.10	-
Zinc (Zn)	In-house method T9152 based on AOAC (2012) 984.27	DMSc	mg/kg	1.03	0.02	0.69

Remark : Acc. = ISO/IEC 17025 Accredited
LOD = Limit of Detection
LOQ = Limit of Quantitation
* mean that the test item(s) was/were analysed by subcontractor

ภาพผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์น้ำส้มสายชูหมักจากน้ำต้มแห้วตัวอย่างที่2