



รายงานการวิจัย

การศึกษาผลของกระบวนการห่อหุ้มต่อความคงตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรพื้นที่เขาค้อ

The Study of Effect of Encapsulation on Stability of the bioactive Compounds for Adding Value to the Agricultural Products in Khao Kho Area

ชชุรัตน์ ศรีจันทวงศ์และคณะ
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

ประจำปีงบประมาณ 2562

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษาผลของกระบวนการห่อหุ้มต่อความคงตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรพื้นที่เขาค้อ

The Study of Effect of Encapsulation on Stability of the Bioactive Compounds for Adding Value to the Agricultural Products in Khao Kho Area

ชชุรัตน์ ศรีจันทวงศ์	สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วิลาสินี ดีปัญญา	สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา	สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ชนิษฐา ศรีนวล	สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ทุนอุดหนุนโดยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ งบประมาณแผ่นดิน
พิจารณาโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานของประเทศ
ประจำปีงบประมาณ 2562

ชื่องานวิจัย การศึกษาผลของกระบวนการห่อหุ้มต่อความคงตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรพื้นที่เขาค้อ

The Study of Effect of Encapsulation on Stability of the Bioactive Compounds for Adding Value to the Agricultural Products in Khao Kho Area

ผู้วิจัย ชุรินทร์ ศรีจันทวงศ์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 2562

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำผลิตผลทางการเกษตรภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ จากอำเภอเขาค้อ ได้แก่ อะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ มาศึกษากระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้มแบบพ่นฝอย และน้ำมันอะโวคาโด เพื่อศึกษาคุณสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเปรียบเทียบกับผลสด โดยวิธีการหาปริมาณฟีนอลรวม การหาปริมาณฤทธิ์ต้านออกซิเดชันด้วยวิธี DPPH พบว่ากระชายดำมีปริมาณฟีนอลรวมมากที่สุดเท่ากับ 2.29 mg/g และเสาวรสมีสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดีที่สุดเท่ากับ 158.55 Mg eq Trolox/100g ผลการวิเคราะห์น้ำมันอะโวคาโด ได้แก่ Polyunsaturated fatty acid Unsaturated fat Omega 3 Omega 6 Omega 9 พบว่าในน้ำมันอะโวคาโดมีปริมาณสูงกว่าเนื้ออะโวคาโดสด ผลจากการศึกษา อะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้มแบบพ่นฝอยและนำมาสกัดเป็นน้ำมันอะโวคาโด จะมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน รวมถึงไขมันที่มีประโยชน์ในปริมาณที่สูงขึ้น

คำสำคัญ : กระบวนการห่อหุ้ม กระชายดำ เสาวรส อะโวคาโด เขาค้อ

Research Title	The Study of Effect of Encapsulation on Stability of the Bioactive Compounds for Adding Value to the Agricultural Products in Khao Kho Area
Researcher	Chachurat Srichantawong
Department	Food Science and Technology Phetchabun Rajabhat University 2019

Abstract

This study aims to bring agricultural products within Khao Kho district, Phetchabun province include avocados, passionfruit and black ginger, encapsulation process by spray drying and avocado oil extracted. Determination of bioactive compound properties, antioxidant activity and compare with pulp. Total phenolic content and antioxidant activity was determined by DPPH assay. Black ginger powder resulted in the highest total phenolic content was 2.29 mg/g, passionfruit powder resulted in the highest antioxidant activity by DPPH was 158.55 Mg eq Trolox/100g. Analysis of fatty acids contained in avocado oil include Polyunsaturated fatty acid, Unsaturated fat, Omega3, Omega6, Omega9, resulted in avocado oil contains high quantity than pulp. In conclusion, avocados, passionfruit and black ginger, encapsulation process by spray drying and avocado oil extracted were bioactive compound properties, antioxidant activity and fatty acids increased.

Keywords : encapsulation, black ginger, Passionfruit, avocado, Khao Kho

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากคณาจารย์ในสาขาวิชา
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารทุกท่าน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราช
ภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำ
คำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัย
ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณา ให้คำปรึกษาแนะนำ ให้แก่ผู้วิจัย จึง
ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย
ครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

ชชุรัตน์ ศรีจันทวงศ์และคณะ

25 สิงหาคม 2562

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
2.2 ผลผลิตทางการเกษตรบนพื้นที่เข้าค่อที่นำไปใช้ในการทำวิจัย.....	6
2.3 การห่อหุ้ม (เอนแคปซูเลชัน, Encapsulation).....	8
2.4 ชนิดของสารเคลือบที่ใช้ในกระบวนการเอนแคปซูเลท.....	10
2.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง.....	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	15
3.1 วัตถุประสงค์.....	15
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์วิธีการดำเนินการวิจัย.....	15
3.3 สารเคมี.....	16
3.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	16
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	19
4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ อะโวคาโดสด เสาवरसस และกระชายสด.....	19
4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ อะโวคาโดสด อะโวคาโดดอง เสาवरसस เสาวรสมง กระชายดำสด และกระชายดำผง	20

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 ผลการศึกษาของคํประกอบทางเคมีของ อะโวคาโดผง เสาวรสผง และกระชายดำผง.....	21
4.4 ผลการผลการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ.....	22
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	25
บรรณานุกรม	26
ประวัติคณะผู้วิจัย.....	27

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 คุณสมบัติเฉพาะของสารเคลือบแต่ละชนิดที่ใช้ในการเอนแคปซูเลท สารให้กลิ่นรส.....	10
2-2 รูปแบบของผลิตภัณฑ์สารให้กลิ่นรสที่ได้จากการเอนแคปซูเลท โดยใช้เทคนิคต่างๆ และการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร.....	12
4-1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี อะโวคาโดสด เสาวรสสดและกระชายดำสด.....	19
4-2 ผลการวิเคราะห์ค่า $L^*a^*b^*$ อะโวคาโดสด อะโวคาโดดอง เสาวรสสด เสาวรสผง กระชายดำสด และกระชายดำผง.....	20
4-3 ผลการวิเคราะห์ค่า a_w อะโวคาโดผง เสาวรสผง และกระชายดำผง.....	21
4-4 ผลการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เสาวรสสด เสาวรสผง กระชายดำสด และกระชายดำผง.....	22
4-5 ผลการวิเคราะห์น้ำมันอะโวคาโด.....	23

สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

2-1 โครงสร้างของไมโครแคปซูล.....	9
----------------------------------	---

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จังหวัดเพชรบูรณ์มีภูเขาล้อมรอบจึงทำให้อากาศร้อนจัดในฤดูร้อน หนาวจัดในฤดูหนาว โดยเฉพาะพื้นที่อำเภอน้ำหนาว เขาคว่ำ และหล่มเก่า มีอากาศหนาวเย็นและบนพื้นที่ภูเขามียอดเขาอากาศเย็นตลอดทั้งปี โดยเฉพาะบนเขาค้อมีอากาศเย็นสบายตลอดทั้งปีไม่ต่างจากภาคเหนือของประเทศ ทำให้สามารถเพาะปลูกพืชผักเมืองหนาวเพื่อการเกษตรได้ เช่น อะโวคาโด สาลี่ เสาวรส กาแฟพันธุ์อาราบิก้า มะระหวาน สตรอเบอรี่ และแมคคาเดเมีย รวมไปถึงกระชายดำ ที่ปลูกมากที่บ้านเข็กน้อย ซึ่งราคาผลผลิตทางการเกษตรมีความผันผวนขึ้นลงตามสภาวะการตลาด ฤดูกาล และอายุการเก็บรักษาสั้น ซึ่งงานวิจัยนี้ให้ความสนใจ อะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ เนื่องจากพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์หลายชนิดด้วยกัน เช่น โอลีโกแซ็กคาไรด์ 3 วิตามินเอ วิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น

การแปรรูปอาหาร (food processing) เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงสภาพของวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม สะดวก ปลอดภัยต่อการบริโภค และเป็นการถนอมอาหารเพื่อยืดอายุการเก็บรักษานานขึ้น การแปรรูปอาหารมีหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะรูปแบบ สี กลิ่น รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการต่างกัน กระบวนการแปรรูปอาหาร ได้แก่ การอบแห้ง การพาสเจอร์ไรเซชัน การสเตอริไลเซชัน การทอด การอบ และ การห่อหุ้ม (Encapsulation) เป็นต้น การห่อหุ้ม (Encapsulation) คือ กระบวนการที่สารหรือส่วนผสมของสาร ถูกเคลือบ ยึดจับ หรือ ห่อหุ้มอย่างมิดชิด ด้วยสารชนิดอื่น สารที่ถูกเคลือบหรือถูกยึดจับไว้ส่วนใหญ่จะเป็นของเหลว แต่บางครั้งอาจเป็นอนุภาคของแข็งหรือก๊าซ ซึ่งจะเรียกชื่อแตกต่างกันไป เช่น สารให้กลิ่นรสที่ถูกเคลือบด้วยสารเคลือบโดยใช้เทคโนโลยีการห่อหุ้ม ผลิตภัณฑ์สารให้กลิ่นรสที่ได้จะอยู่ในรูปไมโครแคปซูล เป็นต้น

ดังนั้น งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อใช้วัตถุดิบผลิตผลทางการเกษตรภายในจังหวัดเพชรบูรณ์จากอำเภอน้ำหนาว คือ อะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ มาผ่านกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้ม (Encapsulation) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ มีความหลากหลาย เพิ่ม

ทางเลือก และเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ และศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เพื่อดูผลของกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้ม (Encapsulation) เปรียบเทียบกับผลสด และนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านอื่นที่เหมาะสมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้ม (Encapsulation)

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของอะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้ม (Encapsulation) เปรียบเทียบกับผลสด

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้ม (Encapsulation) ต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของอะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ มีขอบเขตในการศึกษากระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้ม (Encapsulation) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ มีความหลากหลาย เพิ่มทางเลือก และเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบ รวมถึงการศึกษาค่าคุณสมบัติทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของอะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ ที่ผ่านกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้ม (Encapsulation) เปรียบเทียบกับผลสด

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีภูมิประเทศที่เหมาะสมสามารถเพาะปลูกพืชผักเมืองหนาวเพื่อการเกษตรได้ เช่น อะโวคาโด เสาวรส รวมไปถึงกระชายดำ ที่ปลูกมากที่บ้านเข็กน้อย ซึ่งอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ วิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยชะลอหรือป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ในปัจจุบันผู้บริโภคได้ให้ความสำคัญกับสุขภาพมากขึ้น ซึ่งการบริโภค อะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและรงควัตถุต่างๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ส่วนใหญ่เป็น สารประกอบกลุ่มโพลีฟีนอล เช่น แคโรทีนอยด์ ฟลาโวนอยด์ เป็นต้น สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) หมายถึง สารประกอบที่มี biological activity หรือมีกิจกรรม (activity) ต่อสิ่งที่มีชีวิต การออกฤทธิ์อาจให้ผลดีหรือให้ผลเสียขึ้นอยู่กับชนิดของสารและปริมาณสารที่ได้รับ

2.1.1 สารต้านอนุมูลอิสระหรือสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant)

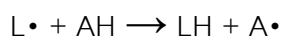
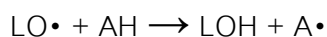
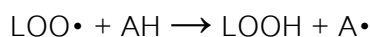
คือสารที่ทาหน้าที่ยับยั้งหรือต่อต้าน ปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือสารที่สามารถขจัดอนุมูลอิสระออกจากร่างกาย ร่างกายมีระบบต้านออกซิเดชัน แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ ประเภทแรกป้องกันการเกิดสารอนุมูลอิสระ ได้แก่ เอนไซม์superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase, peroxidase, cytochrome C peroxidase ทองแดง สังกะสีซีเลเนียม โปรตีนซึ่งมีทองแดงอยู่ในโมเลกุล (ceruloplasmin) ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ สารต้าน ออกซิเดชันในกลุ่มที่ทาลายปฏิกิริยาถูกไซนี้ ได้แก่ วิตามินอีเบต้า-แคโรทีน วิตามินซี ubiquinone, uric acid, bilirubin, albumin, sulfhydryl groups ในกรดอะมิโน cysteine ซึ่งมีอยู่ในโปรตีน เช่น เนื้อสัตว์ นอกจากนี้วิธีนี้ยังมีสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) และสารกลุ่ม flavanoidsที่เป็น สารต้าน ออกซิเดชันที่น่าสนใจอีกด้วย

2.1.2 กลไกของสารต้านอนุมูลอิสระ

กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระจากรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของสารต้าน อนุมูลอิสระพบว่า มีหลายกลไกดังนี้ 1. ดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) เป็นที่ทราบดีว่า สารต้าน อนุมูลอิสระสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้โดยการทำให้โมเลกุลของอนุมูลอิสระมีความเสถียรขึ้นซึ่งกลไกของ ปฏิกิริยาเกิดโดยการให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ

2.1.3 ประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระ

กลไกการทำงานของ สารต้านอนุมูลอิสระ มีหลายแบบ เช่น การขนย้ายออกซิเจนออกไป การยับยั้งการสร้างอนุมูลอิสระ เป็นต้น สารต้านออกซิเดชันมีทั้งสารธรรมชาติและเป็นสารสังเคราะห์ เช่น วิตามินอี บิวทิลไฮดรอกซีอะนิโซล (BHA) วิตามินเหล่านี้จะพบมากในผัก และผลไม้หลายชนิด ผู้ที่บริโภคผักและผลไม้ที่มีวิตามินเหล่านี้ก็จะทำให้มีปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่ง จะช่วยในการยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ (free radicals) สารต้านอนุมูลอิสระทำหน้าที่สังการ และควบคุม ระบบภูมิคุ้มกันทางชีววิทยาที่สำคัญที่สุดของร่างกาย อีกทั้งช่วยเสริมประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ทุก เซลล์ในร่างกาย มักพบสารแอนติออกซิแดนซ์ ในอาหารจากผักและผลไม้ ได้แก่ วิตามินอี (vitamin E) ได้จากเมล็ดทานตะวัน วิตามินซี (vitamin C) ได้จากผักใบเขียวทั่วไป แคโรทีนอยด์ (carotenoids) พบในมะเขือเทศ สารประกอบฟีนอล (phenolic) พบในองุ่น และผักพื้นบ้าน สารต้านอนุมูลอิสระจะไปหยุดยั้ง ปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระทำให้คงตัว และหยุดการก่อตัวใหม่ (จิราวรรณ, 2554) มีกลไกการทำงานดังนี้



สารต้านอนุมูลอิสระ (AH) จะแตกตัวให้อนุมูลอิสระไฮโดรเจนแก้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา ออกซิเดชัน เกิดเป็นสารที่ไม่เป็นอนุมูลอิสระ และอนุมูลสารต้านอนุมูลอิสระที่เสถียร ($\text{A}\cdot$) ซึ่งไม่ก่อให้เกิด ปฏิกิริยาการเกิดอนุมูลอิสระหรือปฏิกิริยาต่อเนื่องของอนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ มีทั้งสารที่มาจาก ธรรมชาติ (natural antioxidants) และสารสังเคราะห์ (synthetic antioxidants) สารต้านอนุมูลอิสระ ที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่ กรดอะมิโน (amino acid) วิตามินซี (ascorbic acid) แคโรทีนอยด์ (carotenoids) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เมลานอยดิน (melanoidin) โทโคฟีรอล (tocopherol) แทนนิน (tannins) เปปไทด์ (peptides) และกรดอินทรีย์อื่นๆ ส่วนสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นสารสังเคราะห์นั้น มีมากมายหลายชนิด ตัวอย่างเช่น Tert-butyl-4-hydroxytoluene (BHT) และ Tert-butylthioquinone (TBHQ) เป็นต้น โดยทั่วไป สารต้านอนุมูลอิสระ สามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภท

1. Primary antioxidant ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) และโท โคฟีรอล (tocopherol) รวมถึงสารโทโคฟีรอลสังเคราะห์บางชนิด เช่น alkyl gallate,

BHA, BHT และ TBHQ เป็นต้น สารต้านอนุมูลอิสระในกลุ่มนี้ทำหน้าที่หยุด ปฏิกิริยาออกซิเดชันของการเกิดอนุมูลอิสระจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันโดยการให้อิเล็กตรอนแก่โมเลกุลของอนุมูลอิสระให้เป็นสารที่มีความเสถียร สารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) เป็นสารที่พบได้ในผักและผลไม้ทั่วไปมีโครงสร้างทางเคมี เป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ที่มีจำนวน hydroxyl group อย่างน้อยหนึ่ง หรือมากกว่าหนึ่งหมู่ในโมเลกุล ส่วนมากสารประกอบฟีนอลมักเชื่อมอยู่กับ mono- และ polysaccharides เกิดเป็นโครงสร้างที่หลากหลาย สารประกอบฟีนอล ในธรรมชาติจึงมีอยู่หลายชนิด สามารถละลายได้ในน้ำ ส่วนใหญ่สารประกอบฟีนอล มักพบอยู่รวมกับน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) นอกจากนี้ สารประกอบฟีนอลยังอาจรวมกับสารประกอบอื่นอีกหลายชนิด เช่น hydroxycinnamic acid อาจพบรวมกับ organic acids, aminogroups, lipids, terpenoids, phenolics และกลุ่มอื่น ๆ นอกเหนือจากน้ำตาล สารประกอบฟีนอล หลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และลิกนิน เป็นต้นนอกจากนี้ปริมาณสารประกอบฟีนอลของพืชยังขึ้นอยู่กับปัจจัยภายใน เช่น สกุล ชนิด และพันธุ์ และปัจจัยภายนอก เช่น สภาพแวดล้อม วิธีการเก็บเกี่ยว และการเก็บรักษา ประโยชน์ของสารประกอบฟีนอลในการรักษาโรค เช่น มีฤทธิ์ต่อต้าน อาการอักเสบ และอาการเส้นเลือดโป่งพอง ช่วยยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและ ไวรัส

2. Oxygen scavenger ได้แก่ วิตามินซี (ascorbic acid) และอนุพันธ์ เช่น ascorbyl palmitate, erythorbic acid (isoascorbic acid) และ sodium erythorbate เป็นต้น สารในกลุ่มนี้เข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ซึ่งจะเป็นการกำจัดโมเลกุลของออกซิเจนส่วนเกินในระบบปิด

3. Secondary antioxidant ได้แก่ dilauryl thiopropionate และ thiopropionic acid เป็นต้น สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่สลาย lipid hydroperoxide ให้กลายเป็นสารที่มีความเสถียร

4. Enzymic antioxidant ได้แก่ เอนไซม์ต่างๆ ที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ เอนไซม์เหล่านี้แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ primary antioxidant enzyme และ ancillary antioxidant enzyme ซึ่งสารเหล่านี้ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจนและ อนุพันธ์ โดยเฉพาะไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

5. Chelating agent หรือ Sequestrant ได้แก่ กรดซิตริก (citric acid) กรดอะมิโน (amino acid) และ ethylenediaminetetra-acetic acid (EDTA) เป็นต้น สารกลุ่มนี้ทำหน้าที่

จับกับไอออนของโลหะเช่น เหล็กและทองแดง ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิด อนุมูลอิสระให้กลายเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีความเสถียร

สารต้านอนุมูลอิสระในผักผลไม้โดยทั่วไปจะลดลงในระหว่างกระบวนการให้ความร้อนและการเก็บรักษา เนื่องจากความไม่คงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระ

2.2 ผลผลิตทางการเกษตรบนพื้นที่เขาค้อที่นำไปใช้ในการทำวิจัย

2.2.1 กระชายดำ (*Kaempferia Parviflora*) เป็นพืชในวงศ์เดียวกับ กระชาย ข่า ขิง และขมิ้น (*Zingiberaceae*) มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Kaempferia parviflora* Wall. ex Baker ชื่อภาษาอังกฤษ คือ black ginger เนื่องจากมีลักษณะเหง้าคล้ายขิง แต่เนื้อในมีสีออกม่วงดำ กระชายดำเป็นพืชพื้นเมืองเขตร้อนของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศไทยพบขึ้นตามธรรมชาติบนภูเขา ในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 630 ม. หรือมากกว่า ปัจจุบันมีการปลูกทั่วทุกภูมิภาคของไทย ซึ่งแหล่งปลูกที่สำคัญส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดเลย เพชรบูรณ์ พิษณุโลก เชียงใหม่ และเชียงราย กระชายดำสามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ โดยพิจารณาจากสีของเนื้อในเหง้า ได้แก่ กลุ่มที่มีเนื้อในเหง้าสีม่วง ม่วงเข้ม จนถึงม่วงดำ และกลุ่มที่มีเนื้อในเหง้าสีจาง เนื่องจากมีความเชื่อว่าสีของเนื้อในเหง้าเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของกระชายดำ ในทางการค้าจึงมักนิยมกระชายดำมีเนื้อในเหง้าสีม่วงเข้มซึ่งเชื่อว่ามีคุณภาพดี ถ้าเนื้อเป็นสีม่วงอ่อนจะถูกตัดไปเป็นกระชายม่วงซึ่งเชื่อว่าคุณภาพด้อยกว่า ในเหง้ากระชายดำ ประกอบด้วยสารสำคัญต่างๆ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหย สารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) กลุ่มฟลาโวน (flavones) เช่น 5,7-dimethoxyflavone, 5,7,4'-trimethoxyflavone, 5,7,3', 4'-tetramethoxyflavone และ 3,5,7,3',4'-pentamethoxyflavone กลุ่มสารแอนโทไซยานิน (antho-cyanins) และสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) อื่นๆ ส่วนใหญ่แล้วพันธุ์ที่มีเนื้อในเหง้าสีเข้ม จะมีปริมาณสารฟีนอลิกรวมและสารฟลาโวนอยด์สูงกว่าพันธุ์ที่มีเนื้อในเหง้าสีจาง ส่วนพันธุ์ที่มีเนื้อในเหง้าสีจาง จะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงกว่าพันธุ์ที่มีสีเข้ม

2.2.2 เสาวรส (*Passion fruit*) เป็นไม้ผลในตระกูล *Passifloraceae* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Passiflora edulis* โดยทั่วไปเสาวรสบเป็นผลไม้อุตสาหกรรมคือปลูกเพื่อนำผลผลิตไปแปรรูปเป็นน้ำผลไม้เนื่องจากเป็นผลไม้ที่มีน้ำคั้นมาก รสเปรี้ยวและมีกลิ่นหอม นอกจากนี้ยังสามารถ

รับประทานเป็นผลสดได้ โดยเฉพาะบางพันธุ์ที่ผลมีรสชาติค่อนข้างหวาน มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์หลายชนิดด้วยกัน เช่น วิตามินเอ วิตามินซี สารต้านอนุมูลอิสระ ในกลุ่มสารแคโรทีนอยด์ ซึ่งปัญหาด้านคุณภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งของเสาวรสไม่ว่าจะเป็นตลาดภายในหรือตลาดส่งออกคือเรื่องคุณภาพผล มักสูญเสีย น้ำและผลเหี่ยวอย่างรวดเร็ว จึงทำให้อายุการวางจำหน่ายของเสาวรสนั้นสั้นลง และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ดีพอทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการที่สำคัญ ปัจจุบันการบริโภคอาหารของมนุษย์มีการคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับต่อสิ่งที่บริโภคมากขึ้น การศึกษาหาแนวทางในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลเสาวรสนี้ที่คำนึงถึงการคงคุณภาพหรือชะลอการสลายตัวของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพบางตัวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ น่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้ประชากรของประเทศไทยมีอาหารบริโภคที่ทำให้สุขภาพดี ลดการนำเข้าเวชภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่างๆจากต่างประเทศ และช่วยให้เกษตรกรไทยมีรายได้เพิ่มสูงขึ้น

2.2.3 อะโวคาโด (Avocado) หรือลูกเนย จัดเป็นพืชดอกในวงศ์ Lauraceae ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับ อบเชย และกระวาน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Persea americana* Mill. เป็นผลไม้ที่มีเนื้อมันเหมือนเนยนิยมรับประทานกันมานานในอเมริกาและยุโรป เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารที่เป็นประโยชน์มากกว่าผลไม้ชนิดอื่น จึงถือว่าเป็น “อาหารเพื่อสุขภาพ” เพราะอุดมไปด้วยแร่ธาตุและสารอาหารที่จำเป็นสำหรับร่างกาย ทำให้เป็นที่นิยมของคนไทยและมีความต้องการบริโภคมากขึ้น

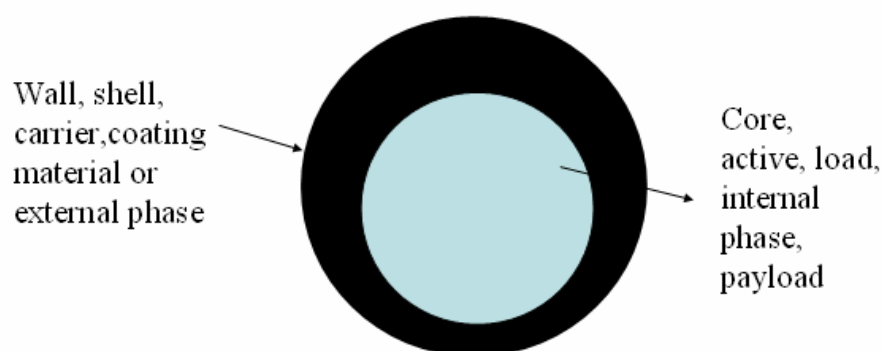
คุณค่าและคุณประโยชน์ของอะโวคาโด

เนื้อผล ประกอบด้วยไขมันชนิดไม่อิ่มตัวประมาณ 4-20 เปอร์เซ็นต์ โดยกรดไขมันในอะโวคาโด 70 เปอร์เซ็นต์ เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid) ซึ่งกรดไขมันชนิดนี้มีประโยชน์ต่อร่างกาย ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอล (Cholesterol) ชนิดแอลดีแอล (Low density lipoprotein : LDL) ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลที่เป็นผลเสียต่อร่างกาย และเพิ่มปริมาณคอเลสเตอรอลชนิดเอชดีแอล (High density lipoprotein : HDL) ในเลือด ซึ่งเป็นคอเลสเตอรอลที่เป็นผลดีต่อร่างกาย มีประโยชน์ในการป้องกันโรคหัวใจ ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด คนที่เป็นโรคไขมันในเลือดสูงก็บริโภคผลไม้ชนิดนี้ได้ และใช้ลดน้ำหนัก

ได้ดี เพราะปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำและมีน้ำตาลต่ำ ดังนั้นผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานจึงสามารถบริโภคผลไม้ชนิดนี้ได้ น้ำมันอะโวคาโด (Avocado oil) เป็นน้ำมันสกัดจากเนื้อของผลอะโวคาโด เป็นน้ำมันที่สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 249 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับการปรุงอาหาร อุดมไปด้วยโอเมก้า 3 กรดไขมัน วิตามินเอ ซี และ ดี เป็นน้ำมันที่ดูดซึมสู่ผิวหนังได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันอัลมอนด์ และน้ำมันมะกอก ประกอบด้วยวิตามินอี กรดไขมันลิโนเลอิก (Linoleic acid) และ โอเลอิก (Oleic acid) สารไฟโตสเตอรอล (Phytosterols) ใช้นวดศีรษะเร่งการงอกของผม ไขมันที่อยู่ในผลอะโวคาโดช่วยในการดูดซึมสารแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) ในพืชผักต่างๆ ซึ่งช่วยต่อต้านโรคภัยไข้เจ็บ การบริโภคอะโวคาโด สม่ำเสมอจะช่วยป้องกันโรคสมองเสื่อม เพราะมีกรดโอเลอิกสูง ช่วยรักษาเนื้อเยื่อ ช่วยรักษาระบบประสาท และสมอง วิตามินสูง ประกอบด้วยวิตามินเอช่วยบำรุงสายตา วิตามินบีช่วยป้องกันโรคเหน็บชา ปากนก กระจอก วิตามินซีช่วยป้องกันหวัด เลือดออกตามไรฟัน และวิตามินอี ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) ที่มีคุณค่าในการปกป้องเซลล์ร่างกายจากมลพิษทางอากาศ น้ำ และอาหาร ป้องกันร่างกายจากโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ และโรคหัวใจ (กรมวิชาการเกษตร, 2560)

2.3 การห่อหุ้ม (เอนแคปซูเลชัน, Encapsulation)

เป็นกระบวนการที่สารหรือส่วนผสมของสารถูกเคลือบด้วยสาร ชนิดอื่น สารที่ถูกเคลือบ (coated) หรือ ถูกยัดจับไว้ (entrapped) ส่วนใหญ่จะเป็น ของเหลว แต่บางครั้งอาจเป็นอนุภาคของแข็งหรือก๊าซซึ่งจะเรียกชื่อแตกต่างกันไปเช่น core material หรือ internal phase สารที่นำมาเคลือบจะเรียกว่า wall material, carrier, membrane, shell หรือ coating



รูปที่ 2-1 โครงสร้างของไมโครแคปซูล

การเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสสามารถปกป้องสารให้กลิ่นรสที่อาจทำปฏิกิริยา กับ ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหาร ลดการเกิดกลิ่นแปลกปลอมที่เกิดจากสารให้กลิ่นรสทำ ปฏิกิริยากัน ปกป้องสารให้กลิ่นรสจากแสงและ/หรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน ยืดอายุการเก็บ รักษาสารให้กลิ่นรส หรือ ควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร (Reineccius, 1991; Tari & Singhal, 2002) ส่วนผสมอาหารอื่นๆที่ใช้เทคนิคเอนแคปซูเลชันได้แก่ กรด (acids), ไขมัน (lipids), เอนไซม์ (enzymes), จุลินทรีย์ (microorganism), สารทดแทนน้ำตาล (artificial sweetener), วิตามิน (vitamins), เกลือแร่ (mineral), สี (colorants) และ เกลือ (salts) (Dziezak, 1988; Jackson and Lee, 1991; Shahidi & Han, 1993)

โดยทั่วไปการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการ 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกจะเป็นการทำให้เกิดอิมัลชันของสารแกนกลางและ สารเคลือบโดยสารเคลือบที่ใช้ ได้แก่ พอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) หรือ โปรตีน ขั้นตอนที่ 2 เป็นขั้นตอนของการอบแห้งหรือ ทำให้อิมัลชันเย็นตัวลง เทคนิคการเอนแคปซูเลทที่เลือกใช้จะมีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสาร ให้กลิ่นรส และความเสถียรของสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างการเก็บรักษา

2.4 ชนิดของสารเคลือบที่ใช้ในกระบวนการเอนแคปซูเลท

2.4.1 คาร์โบไฮเดรต คาร์โบไฮเดรตที่สามารถนำมาใช้ในรูปของสารเคลือบ ได้แก่ สตาร์ช (starch), มอลโตเดกซ์ทริน (maltodextrin), corn syrup solids และ gum acacia คาร์โบไฮเดรต

2.4.1.1 สตาร์ช (starch) สตาร์ช และ ingredients ที่ผลิตได้จากสตาร์ช เช่น สตาร์ชดัดแปร (modified starch), มอลโตเดกซ์ทริน และ บีตา-ไซโคลเดกซ์ทริน (beta-cyclodextrin) ถูกนำมาใช้ เป็นสารเคลือบในการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสอย่างแพร่หลายใน อุตสาหกรรมอาหาร เพื่อกักเก็บและปกป้องสารให้กลิ่นรส

กลไกการจับตัวระหว่างสารให้กลิ่นรสและสตาร์ชแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบโดย รูปแบบแรก สารให้กลิ่นรสจะถูกล้อมรอบด้วย amylase helix โดยการจับกันเป็นแบบ hydrophobic bonding ซึ่งสตาร์ชจะกักสารให้กลิ่นรสไว้ภายในโมเลกุล (inclusion complex) รูปแบบที่สองจะเกิด polar interaction โดยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ระหว่าง hydroxyl groups ของสตาร์ช และ สารให้กลิ่นรส

ตารางที่ 2-1 คุณสมบัติเฉพาะของสารเคลือบแต่ละชนิดที่ใช้ในการเอนแคปซูเลท สารให้กลิ่นรส

ชนิดของสารเคลือบ	คุณลักษณะเฉพาะ
Maltodextrin (DE<20)	Film forming
Corn syrup solid (DE>20)	Film forming
Modified starch	Very good emulsifier
Gum Arabic	Emulsifier, film forming
Modified cellulose	Film forming
Gelatin	Emulsifier, film forming
Cyclodextrin	Encapsulant, emulsifier
Lecithin	Emulsifier
Whey protein	Good emulsifier
Hydrogenated fat	Barrier to oxygen and water

(Madene et al., 2006)

2.4.1.2 มอลโตเดกซ์ทริน มอลโตเดกซ์ทรินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายแป้งข้าวโพดบางส่วนโดย การใช้กรดหรือเอนไซม์ โดยผลิตจำหน่ายในรูป Dextrose Equivalent (DEs) DE value เป็นการวัดระดับ (degree) ของการย่อยสลายพอลิเมอร์ของสตาร์ชซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกความสามารถในการทำให้เกิดเมทริกซ์ซึ่งมีส่วนสำคัญในการทำให้เกิด การเคลือบผิว (Kenyon & Anderson, 1988; Shahidi & Han, 1993)

2.4.1.3 กัม (Gum) Gum arabic เป็นกัมที่ถูกนำมาใช้ในรูปแบบของสารเคลือบเนื่องจากสามารถละลาย ได้ดี มีความหนืดต่ำ มีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ และสามารถกักเก็บสารให้ กลิ่นรสได้ดี ไมโครแคปซูลที่ได้จากการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสโดยใช้เทคนิคการ อบแห้งแบบพ่นฝอย (spray-dried particles) โดยใช้ส่วนผสมของมอลโตเดกซ์ทริน และ gum arabic เป็นสารเคลือบ จะมีขนาดตั้งแต่ 10-200 ไมครอน และสามารถกักเก็บสาร ให้กลิ่นรส ได้ > 80% ขึ้นอยู่กับตัวแปรที่ใช้ระหว่างกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ได้แก่

อุณหภูมิของอากาศร้อน, ความเข้มข้นของอิมัลชัน ความหนืด และ สัดส่วน ของ gum arabic และ มอลโตเดกซ์ทริน (Williams & Phillips, 2000)

2.4.2 โปรตีน (Protein) โปรตีนจัดเป็นสารที่มีคุณสมบัติทางหน้าที่ของสารเคลือบ เช่น ค่าการละลาย (solubility), ความหนืด (viscosity), emulsification และ คุณสมบัติของการทำให้เกิด ฟิล์ม ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้ดีในกระบวนการเอนแคปซูเลชัน ระหว่างการเกิดอิมัลชัน โมเลกุลของโปรตีนจะดูดซับที่บริเวณ oil-water interface อย่างรวดเร็วทำให้เกิด stericstabilizing layer ขึ้นทันทีจึงสามารถปกป้องหยดน้ำมัน (oil droplets)จากการกลับมา รวมตัวอีกครั้ง (recoalescence) ทำให้เกิดความเสถียรทางกายภาพของอิมัลชันระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษา

2.4.2.1 เวย์โปรตีน (Whey protein) เวย์โปรตีนจะให้คุณสมบัติทางหน้าที่ (functional properties) ที่ต้องการในการ ใช้เป็นสารเคลือบ (Amrita et al., 1999) เวย์โปรตีนที่จัดจำหน่ายใน international market จะอยู่ในรูปของ whey protein isolates (มีปริมาณโปรตีน 95-96%) หรือ whey protein concentrate (WPC-50, WPC-70) powder เวย์โปรตีนเป็นสารเคลือบที่สามารถต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในการ เอนแคปซูเลทน้ำมันส้ม (microencapsulated orange oil) โดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบ ฟั่นฝอย (Kim & Morr, 1996) การใช้เวย์โปรตีนร่วมกับคาร์โบไฮเดรตสามารถใช้เป็น สารเคลือบในการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรส โดยเวย์โปรตีนจะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์และทำให้เกิดฟิล์มใน ขณะที่คาร์โบไฮเดรต (มอลโตเดกซ์ทริน หรือ corn syrup solids) จะทำหน้าที่เป็นสารที่ ทำให้เกิดเมทริกซ์

ตารางที่ 2-2 รูปแบบของผลิตภัณฑ์สารให้กลิ่นรสที่ได้จากการเอนแคปซูเลท โดยใช้เทคนิคต่างๆและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

Encapsulation technique	Encapsulated form	Application area
Coacervation	Paste/powder/capsule	Chewing gum baked foods

Spray drying	Powder	Confectionery, milk powder, instant desserts, food flavors, instant beverage
Fluid bed drying	Powder/granule	Prepared dishes, confectionery
Spray cooling/chilling	Powder	Prepared dishes
Extrusion	Powder/granule	Instant beverages, confectionery
Molecular inclusion	Powder	Confectionery, instant drinks, extruded snack

(Madene et al., 2006)

2.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

วิจิตรา (2559) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกแคขาวและดอกแคแดง และผลของความร้อนต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกแคขาวและดอกแคแดง พบว่าปริมาณวิตามินซี ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณแทนนิน ปริมาณฟีนอลทั้งหมด กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ของดอกแคแดงมีมากกว่าดอกแคขาว เมื่อใช้อุณหภูมิในการอบแห้งดอกแคทั้งสองชนิดสูงขึ้นไปจาก 40 องศาเซลเซียสเป็น 60 องศาเซลเซียส มีผลทำให้สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและ ปริมาณฟีนอลทั้งหมดของดอกแคขาวและดอกแคแดงลดลง แต่กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP ของดอกแคอบแห้งที่อบด้วยอุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศา เซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อต้มดอกแคขาวและดอกแคแดงต้มลดน้อยลงเมื่อต้มโดยใช้เวลานานขึ้น แต่เมื่อต้มเป็นเวลานาน 30 นาที ดอกแคขาวและดอกแคแดงต้มยังคงสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระอยู่

กิตติพัฒน์และปานทิพย์ (2560) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสารสกัดจากสมุนไพรรในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ในการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมีทั่วไป ปฏิริยาเคมีที่ใช้ ได้แก่ การวัดความสามารถในกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS การวัด

ความสามารถในการรับอิเล็กตรอนจากสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยโมเลกุลตัวรับที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสงของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้น เช่น FRAP, PFRAP และ cupric reducing antioxidant power และการหาปริมาณรวมของสารโพลีฟีนอลและฟลาโวนอยด์ ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระด้วยกราฟมาตรฐาน สารมาตรฐานที่ใช้ ได้แก่ butylate hydroxytoluene (BHT), butylate hydroxyanisole (BHA) วิตามินซี (ascorbic acid) วิตามินอี (α -tocopherol) และอนุพันธ์วิตามินอี

(trolox, vitamin E derivative) สำหรับกรดแกลลิก (gallic acid) ใช้สำหรับเป็นสารมาตรฐานในการหาปริมาณรวมของสารโพลีฟีนอล และ quercetin ก็เป็นสารมาตรฐานสำหรับหาปริมาณรวมของสารในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์

ศรัณย์ ลาภนิธิพร และคณะ (2556) ศึกษาการเอนแคปซูเลชันน้ำมันมะม่วงหิมพานต์สดและเข้มข้นด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้มอลโตเดกซ์ตรินและแป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบ โดยแปรอุณหภูมิอากาศร้อนเข้า 140, 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส อัตรา 5 มิลลิลิตร ต่อ นาที ผลการทดลองพบว่า การใช้มอลโตเดกซ์ตรินเอนแคปซูเลชันน้ำมันมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้น และอุณหภูมิอากาศร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส ได้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งที่มีความชื้นต่ำ แต่มีสมบัติการละลายปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ($\text{DPPH}^{\cdot}$ and $\text{ABTS}^{\cdot}$ + scavenging activity) สูงกว่าการใช้แป้งข้าวเจ้าเป็นสารเคลือบแห้ง ที่อุณหภูมิอากาศร้อนเข้าอื่นๆ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

อะโวคาโด พันธุ์พื้นเมือง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบูรณ์

เสาวรส อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบูรณ์

กระชายดำ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดเพชรบูรณ์

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

- 3.2.1 เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย mini spray dryer b-290 บริษัท Buchi
- 3.2.2 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ บริษัท Memmert
- 3.2.3 เครื่องสกัดน้ำมัน Oil Press
- 3.2.4 เครื่องวัดสี (COLOR READER CD-10) บริษัท Konica Minolta
- 3.2.5 เครื่องวัด a_w ชนิดพกพา รุ่น Pawkit บริษัท Decagon
- 3.2.6 Diahragm Vacuum Pump
- 3.2.7 เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ (hand refractometer)
- 3.2.8 เครื่องวัดพีเอช (pH meter) บริษัท Mettler-Toledo (Thailand) Ltd.
- 3.2.9 เครื่องหมุนเหวี่ยง บริษัท Hettich ZENTRIFOGEN
- 3.2.10 Shaker บริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด พีเค-เทค-เอ็นจิเนียริง
- 3.2.11 โถดูดความชื้น
- 3.2.12 เครื่องแก้วต่างๆ
- 3.2.13 อุปกรณ์เครื่องครัว

3.3 สารเคมี

- 3.3.1 มอลโตเดรีกตริน
- 3.3.2 Micenar Casein
- 3.3.3 petroleum ether
- 3.3.4 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
- 3.3.5 Ethanol
- 3.3.6 Sodium tungstate
- 3.3.7 Sodium bolybdate
- 3.3.8 Phosphoric acid
- 3.3.9 Sodium carbonate

3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

- 3.4.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น
- 3.4.2 สำรวจและลงพื้นที่ เพื่อรวบรวมข้อมูลของวัตถุดิบ
- 3.4.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของอะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ ดังนี้

3.4.3.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

- ปริมาณความชื้น (AOAC, 2016)
- ปริมาณเถ้า (AOAC, 2016)
- ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2016)
- ปริมาณไขมัน (AOAC, 2016)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ

3.4.3.2 ทางด้านกายภาพ

- ค่าสี L^* , a^* และ b^*

3.4.3.4 วิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Phenolic Compounds)
- กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับสารอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH
- องค์ประกอบของกรดไขมัน

3.4.4 ศึกษากระบวนการห่อหุ้มและน้ำมันอะโวคาโด

กระบวนการสกัดน้ำมันอะโวคาโด

- นำผลอะโวคาโดมาปอกเปลือก แยกเมล็ด นำเนื้อมาหั่นเป็นชิ้นบางๆ หลังจากนั้นนำเนื้ออะโวคาโดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- นำอะโวคาโดที่อบแห้งแล้ว มาสกัดน้ำมัน โดยใช้เครื่องสกัดน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส
- นำน้ำมันอะโวคาโดที่สกัดได้มากรองเพื่อขจัดสิ่งแขวนลอยออก
- วิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันอะโวคาโด

การศึกษากระบวนการห่อหุ้มน้ำมันอะโวคาโด

- โดยใช้กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ได้ทำการศึกษาการห่อหุ้มน้ำมันอะโวคาโดร้อยละ 30 เคซีนร้อยละ 2 และเติมมอลโตเดกซ์ตริน ร้อยละ 68
- นำส่วนผสมน้ำมันอะโวคาโดมาทำการห่อหุ้มด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิเข้า 180 องศาเซลเซียส
(จากโครงการวิจัยผลของการห่อหุ้มต่อสมบัติของน้ำมันอะโวคาโด)

การศึกษากระบวนการห่อหุ้มน้ำเสาวรสม

- โดยใช้กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ได้ทำการศึกษาการห่อหุ้มน้ำเสาวรสมร้อยละ 60 และเติมมอลโตเดกซ์ตริน ร้อยละ 40
- นำส่วนผสมน้ำเสาวรสมมาทำการห่อหุ้มด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้ อุณหภูมิเข้า 150 องศาเซลเซียส
(จากโครงการวิจัยผลของสภาวะอบแห้งแบบพ่นฝอยต่อคุณลักษณะทางกายภาพของน้ำเสาวรสม)

การศึกษากระบวนการห่อหุ้มน้ำกระชายดำ

- โดยใช้กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย ได้ทำการศึกษาการห่อหุ้มน้ำกระชายดำร้อยละ 90 และเติมมอลโตเดกซ์ตริน ร้อยละ 10
- นำส่วนผสมน้ำกระชายดำมาทำการห่อหุ้มด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้ อุณหภูมิเข้า 140 องศาเซลเซียส
(จากโครงการวิจัยผลของสภาวะการเอนแคปซูเลชันโดยการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำสกัดกระชายดำ)

หลังจากนั้น นำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของน้ำมันอะโวคาโด อะโวคาโดผง เสาวรสม และกระชายดำผง ดังนี้

3.4.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ค่าสี L^* , a^* และ b^*

3.4.4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ค่า water activity (a_w)

3.4.4.2 วิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

- ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Phenolic Compounds)
- กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยการวิเคราะห์ความสามารถในการจับสารอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH
- องค์ประกอบของกรดไขมัน

3.4.5 นำผลการวิเคราะห์คุณภาพ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณภาพต่างๆ โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษากระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้ม (Encapsulation) เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ และผลของกระบวนการแปรรูป ต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ของอะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ โดยนำวัตถุดิบได้แก่ อะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ จากพื้นที่อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์มาทำการศึกษา ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ อะโวคาโดสด เสาวรสสด และกระชายดำสด

นำอะโวคาโดสด เสาวรสสด และกระชายดำสด จากพื้นที่อำเภอบางบาล จังหวัดเพชรบูรณ์มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ เถ้า คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ความชื้น โปรตีน และพลังงาน ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี อะโวคาโดสด เสาวรสสด และกระชายดำสด

องค์ประกอบทางเคมี	อะโวคาโดสด (ร้อยละ)	เสาวรสสด (ร้อยละ)	กระชายดำสด (ร้อยละ)
เถ้า (กรัม/100 กรัม)	0.55	0.66	2.20
คาร์โบไฮเดรต (กรัม/100 กรัม)	7.71	14.69	19.79
ไขมัน (กรัม/100 กรัม)	4.61	2.42	0.43
ความชื้น (กรัม/100 กรัม)	86.10	79.69	73.96
โปรตีน (กรัม/100 กรัม)	1.00	2.54	3.60
พลังงาน (กิโลแคลอรี/100 กรัม)	76.45	90.70	97.43

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี อะโวคาโดสด เสาวรสสด และกระชายดำสด จากตารางที่ 4-1 พบว่า อะโวคาโดสดมีปริมาณเถ้า เท่ากับร้อยละ 0.55 คาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 7.71 ไขมัน เท่ากับร้อยละ 4.61 ความชื้น เท่ากับร้อยละ 86.10 โปรตีน เท่ากับร้อยละ 1.00 พลังงาน เท่ากับ 76.45 กิโลแคลอรี/100 กรัม เสาวรสสดมีปริมาณเถ้า เท่ากับร้อยละ 0.66 คาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 14.69 ไขมัน เท่ากับร้อยละ 2.42 ความชื้น เท่ากับร้อยละ 79.69 โปรตีน เท่ากับร้อยละ 2.54 พลังงาน เท่ากับ 90.70 กิโลแคลอรี/100 กรัม และกระชายดำสดมีปริมาณเถ้า เท่ากับร้อยละ 2.22 คาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 19.79 ไขมัน เท่ากับร้อยละ 0.43 ความชื้น เท่ากับร้อยละ 73.96 โปรตีน เท่ากับร้อยละ 3.60 พลังงาน เท่ากับ 97.43 กิโลแคลอรี/100 กรัม

4.2 ผลการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพ อะโวคาโดสด อะโวคาโดดอง เสาวรสสด เสาวรสดอง กระชายดำสด และกระชายดำดอง

การศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพของ อะโวคาโดสด อะโวคาโดดอง เสาวรสสด เสาวรสดอง กระจับปี่ดำสด และกระจับปี่ดำดอง จากพื้นที่อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยนำมาวิเคราะห์ ค่าสี L^* , a^* และ b^* ผลการวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ค่าสี $L^*a^*b^*$ อะโวคาโดสด อะโวคาโดดอง เสาวรสสด เสาวรสดอง กระจับปี่ดำสด และกระจับปี่ดำดอง

สิ่งทดลอง	ค่าสี		
	L^*	a^*	b^*
อะโวคาโดสด	57.40 ± 0.09	-6.20 ± 0.20	25.04 ± 0.35
อะโวคาโดดอง	82.91 ± 3.18	-3.94 ± 0.08	27.26 ± 0.02
เสาวรสสด	30.06 ± 0.07	-0.31 ± 0.12	2.27 ± 0.55
เสาวรสดอง	94.46 ± 0.02	0.38 ± 0.01	5.77 ± 0.01
น้ำกระจับปี่ดำสด	23.08 ± 0.01	0.69 ± 0.01	-0.92 ± 0.01
กระจับปี่ดำดอง	74.55 ± 0.01	3.24 ± 0.01	1.61 ± 0.00

L^* คือ ความสว่าง (มีค่าระหว่าง 0-100 โดย 0 แสดงถึงสีดำ 100 แสดงถึงสีขาว) a^* คือ สีแดง-เขียว ($-a^*$ แสดงถึงสีเขียว $+a^*$ แสดงถึงสีแดง) b^* คือ สีเหลือง-น้ำเงิน ($-b^*$ แสดงถึงสีน้ำเงิน $+b^*$ แสดงถึงสีเหลือง)

จากตารางที่ 4-2 พบว่า อะโวคาโดสด มีค่าสี L^* เท่ากับ 57.40 a^* เท่ากับ -6.20 และ b^* เท่ากับ 25.04 เสาวรสสด มีค่าสี L^* เท่ากับ 30.06 a^* เท่ากับ -0.31 และ b^* เท่ากับ 2.27 และน้ำ กระจับปี่ดำสด มีค่าสี L^* เท่ากับ 23.08 a^* เท่ากับ 0.69 และ b^* เท่ากับ -0.92

อะโวคาโดดอง มีค่าสี L^* เท่ากับ 82.91 a^* เท่ากับ -3.94 และ b^* เท่ากับ 27.26 เสาวรสดอง มีค่าสี L^* เท่ากับ 94.46 a^* เท่ากับ 0.38 และ b^* เท่ากับ 5.77 และกระจับปี่ดำดอง มีค่าสี L^* เท่ากับ 74.55 a^* เท่ากับ 3.24 และ b^* เท่ากับ 1.61

ผลของกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้ม ทำให้ค่าสี L^* ของอะโวคาโดดอง เสาวรสดอง และกระจับปี่ดำดอง มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้มโดยวิธีการทำแห้ง แบบพ่นฝอย โดยมีการเติมมอลโตเดกซ์ตรินลงในกระบวนการ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความสว่าง เพิ่มขึ้น

4.3 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของ อะโวคาโดดอง เสาวรสดอง และกระจับปี่ดำดอง

นำ อะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ ที่ผ่านการห่อหุ้ม (encapsulation) มาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ค่า water activity (a_w)

ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์ค่า a_w อะโวคาโดผง เสาวรสผง และกระชายดำผง

สิ่งทดลอง	ค่า a_w
อะโวคาโดผง	0.09±0.00
เสาวรสผง	0.17±0.00
น้ำกระชายดำผง	0.18±0.01

จากตารางที่ 4-3 พบว่า อะโวคาโดผง มีค่า a_w เท่ากับ 0.09 เสาวรสผงมีค่า a_w เท่ากับ 0.17 และกระชายดำผง มีค่า a_w เท่ากับ 0.18

เมื่อนำอะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ มาผ่านกระบวนการห่อหุ้มโดยวิธีทำแห้งแบบพ่นฝอยจะทำให้ค่า water activity (a_w) มีค่าลดลงและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานยิ่งขึ้น

4.4 ผลการผลการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของ เสาวรสสด เสาวรสผง กระชายดำสด และกระชายดำผง จากพื้นที่อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยนำมาวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

เสาวรสสด เสาวรสผง กระชายดำสด และกระชายดำผง

สิ่งทดลอง	Total polyphenol (as gallic acid) mg/g	Total Antioxidant (Trolox) Mg eq Trolox/100g
เสาวรสสด	1.19	170.94
เสาวรสผง	1.13	158.55

กระชายดำสด	2.14	205.19
กระชายดำผง	2.90	190.91

*หมายเหตุ การวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของอะโวคาโด วิเคราะห์ในรูปแบบของน้ำมันอะโวคาโด
ตารางที่ 4-5

จากตารางที่ 4-4 พบว่า ผลการวิเคราะห์ Total polyphenol พบว่าเสาวรสดมีค่า Total polyphenol เท่ากับร้อยละ 1.19 เสาวรสดผงมีค่า Total polyphenol เท่ากับร้อยละ 1.13 กระชายดำสดมีค่า Total polyphenol เท่ากับร้อยละ 2.41 และกระชายดำผงมีค่า Total polyphenol เท่ากับร้อยละ 2.90 พบว่า กระชายดำผงมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 2.90 mg/g และเสาวรสดมีปริมาณน้อยที่สุดเท่ากับ 1.13 mg/g (Singleton and Rossi, 1965)

ผลการวิเคราะห์ Total Antioxidant พบว่าเสาวรสด มีค่า Total Antioxidant เท่ากับร้อยละ 170.94 เสาวรสดผงมีค่า Total Antioxidant เท่ากับร้อยละ 158.55 กระชายดำสดมีค่า Total Antioxidant เท่ากับร้อยละ 205.19 และกระชายดำผง มีค่า Total Antioxidant เท่ากับร้อยละ 190.91 เมื่อทำการเปรียบเทียบเสาวรสด เสาวรสดผง กระชายดำสด และกระชายดำผง พบว่า เสาวรสดมีสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดีที่สุด โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน Trolox โดยฤทธิ์ต้านออกซิเดชันจากวิธี DPPH ซึ่งเสาวรสดมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดีที่สุดเนื่องจากมีค่า inhibitory concentration (IC) IC_{50} ต่ำที่สุดมีค่า $IC_{50} = 158.55$ Mg eq Trolox/100g (DPPH - Method)

*หมายเหตุ ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันจะแสดงเป็นค่า IC_{50} คือความเข้มข้นของสารที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ร้อยละ 50

ในส่วนของอะโวคาโด การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ และผลของกระบวนการแปรรูป ต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่ง
ทำการศึกษาในรูปแบบของน้ำมันอะโวคาโด โดยวิธีการสกัดเย็น

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์น้ำมันอะโวคาโด

รายการทดสอบ	เนื้ออะโวคาโดสด (g/100g)	น้ำมันอะโวคาโด (g/100g)
-------------	-----------------------------	----------------------------

Polyunsaturated fatty acid	0.15	13.82
Unsaturated fat	3.63	69.66
Omega3	5.48 mg/100g	1041.05 mg/100g
Omega6	139 mg/100g	12570.31 mg/100g
Omega9	2831.93 mg/100g	46721.28 mg/100g

น้ำมันในอะโวคาโดมีความสำคัญและประโยชน์มากถ้าเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ซึ่งอุดมไปด้วยไขมันและกรดไขมันชนิดต่างๆ เช่น โกลโคไลบิต ฟอสโฟไลบิต เป็นต้น มีความสำคัญต่อกระบวนการในเนื้อเยื่อเซลล์ โดยเฉพาะ monounsaturated fatty acids มีผลทำให้ undesirable low-density lipoprotein (LDL) ในเลือดลดลง และส่งผลให้ high-density lipoprotein (HDL) ในเลือดเพิ่มขึ้น ปริมาณองค์ประกอบของไขมันชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ความสุกพื้นที่ในการเพาะปลูก เป็นต้น (Rafael *et al.*, 2018)

จากตารางที่ 4-5 เป็นการวิเคราะห์น้ำมันในอะโวคาโด ดังนี้คือ เนื้ออะโวคาโดสดและน้ำมันอะโวคาโด พบว่า Polyunsaturated fatty acid ในเนื้ออะโวคาโดมีปริมาณเท่ากับ 0.15 g/100g .น้ำมันอะโวคาโดมีปริมาณเท่ากับ 13.82 g/100g การวิเคราะห์ Unsaturated fat ในเนื้ออะโวคาโดมีปริมาณเท่ากับ 3.63 g/100g .น้ำมันอะโวคาโดมีปริมาณเท่ากับ 69.66 g/100g

Omega3 ในเนื้ออะโวคาโดมีปริมาณเท่ากับ 5.48 mg/100g น้ำมันอะโวคาโดมีปริมาณเท่ากับ 1041.05 mg/100g Omega6 ในเนื้ออะโวคาโดมีปริมาณเท่ากับ 139 mg/100g น้ำมันอะโวคาโดมีปริมาณเท่ากับ 12570.31 mg/100g Omega9 ในเนื้ออะโวคาโดมีปริมาณเท่ากับ 2831.93 mg/100g น้ำมันอะโวคาโดมีปริมาณเท่ากับ 46721.28 mg/100g

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาผลิตผลทางการเกษตรภายในจังหวัดเพชรบูรณ์ จากอำเภอเขาค้อ ได้แก่ อะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ พบว่าเมื่อนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการห่อหุ้มแบบ ฟันฝอยทำเป็น อะโวคาโดผง เสาวรสผง และกระชายดำผง ทำให้ค่าสี L^* a^* b^* มีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลสด ค่า water activity (a_w) มีค่าลดลงโดยอะโวคาโดผง มีค่า a_w เท่ากับ 0.09 เสาวรสผงมีค่า a_w เท่ากับ 0.17 และกระชายดำผง มีค่า a_w เท่ากับ 0.18 ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้นานยิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เสาวรสสด เสาวรสผง กระชายดำสด และกระชายดำผง จากการศึกษาค่า Total polyphenol (as gallic acid) พบว่ากระชายดำผงมีปริมาณมากที่สุดเท่ากับ 2.29 mg/g และผลการวิเคราะห์ Total Antioxidant พบว่าเสาวรสผงมีสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันดีที่สุดเท่ากับ 158.55 Mg eq Trolox/100g และผล

การวิเคราะห์น้ำมันอะโวคาโดเปรียบเทียบกับระหว่างเนื้ออะโวคาโดสดและน้ำมันอะโวคาโด พบว่าน้ำมันที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ Polyunsaturated fatty acid Unsaturated fat Omega 3 Omega 6 Omega 9 ในน้ำมันอะโวคาโดมีปริมาณสูงกว่าเนื้ออะโวคาโดสด

อะโวคาโด เสาวรส และกระชายดำ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการแปรรูปโดยวิธีการทอดแบบฟุ้งฝอย และสกัดเป็นน้ำมันอะโวคาโด จะมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสารที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน รวมถึงไขมันที่มีประโยชน์ในปริมาณที่สูงขึ้น

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2560. อะโวคาโด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

<http://www.doa.go.th/oard2/images/stories/km.pdf>. [14 กันยายน 2560].

จันทนา ไพรบูรณ์และอนงค์ จีระภัทร์. 2555. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากสาหร่ายทะเลบางชนิดในประเทศไทย. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บัณฑิตวรณ ฐระพระ จันทนา บุญยรัตน์ เยาวเรศ ชูลิขิต และสุภาวดี ดาวดี. 2559. การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในส้มโอ. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน.

11(ฉบับพิเศษ) 80-91.

วรานนท์ ทองอินลา ชลธิชา วรณวิมลรักษ์ และภาวดี ช่วยบำรุง. 2557. ความสัมพันธ์ระหว่าง

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลไม้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี DMPD กับปริมาณฟีนอลิก วิตามินซี วิตามินอี และเบต้า แคโรทีน. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. ปีที่ 19 (ฉบับที่ 2) กรกฎาคม –

ธันวาคม : 93-104. เอนแคปซูเลชันและการควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรส (Encapsulation and Control Release of Food Flavoring). E-book มหาวิทยาลัยรามคำแหง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก [http://e-book.ram.edu/e-book/f/FY463\(50\)/FY463-4.pdf](http://e-book.ram.edu/e-book/f/FY463(50)/FY463-4.pdf). [25 กรกฎาคม 2559]

วิจิตรา เหลียวตระกูล. 2559. การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของดอกแคและการใช้ประโยชน์เชิงอาหารเพื่อสุขภาพ. รายงานการวิจัย. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหารคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

สุรัสวดี พรหมอยู่และศุภกร ดวงคำพิสุข. 2554. ผลของการใช้สารเคลือบผิวที่มีต่อคุณภาพและการเปลี่ยนแปลงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพผลเสาวรสมันธุ์สีเหลือง. วารสารแก่นเกษตร 39 ฉบับพิเศษ : 414-418.

Rafael, G. A, Rosa M. R, Héctor A. R, Maria M. E. P, Cristóbal N A. 2018. Avocado by-products: Nutritional and functional properties. Trends in Food Science & Technology. 80. 51-60.

ประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าแผนงานวิจัย

- ชื่อ - นามสกุล นางสาวชัชวรัตน์ ศรีจันทวงศ์
Miss Chachurat Srichantawong
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 3207 00933 70 2
- ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ
- ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์
- หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000

โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1411, 086-5722263

E-mail: chachurat.orm@gmail.com

6. ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2553 วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปีการศึกษา 2545 วท.บ. (เทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยรามคำแหง

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

8. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

1. ปี 2559 พุนอูตหนูนงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพจากสตรอว์เบอร์รี่ (การเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของเกษตรกรผู้ปลูกสตรอว์เบอร์รี่ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์)
2. ปี 2553 งานวิจัย เรื่อง “การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อลิ้นจี่โดยวิธีทางเคมี”
3. ปี 2553 วิทยานิพนธ์ เรื่อง “การคัดเลือกสารเพื่อยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของเนื้อลิ้นจี่อบแห้งพันธุ์ฮวงฮวย”
4. ปี 2545 งานวิจัย เรื่อง “การปรับปรุงคุณภาพไอศกรีมถั่วเหลือง”

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย 1

1. ชื่อ – นามสกุล นางวิลาสินี ดีปัญญา

Mrs. WILASINEE DEEPANYA

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 3107 00676 38 6

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

5. หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e - mail

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000

โทรศัพท์ (056) 717122 ต่อ 1411 โทรสาร (056) 717123

หรือ 31/12 ถ. เทพาพัฒนา ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จ.เพชรบูรณ์

รหัสไปรษณีย์ 67000 โทรศัพท์ (056) 721918

โทรศัพท์มือถือ 086-7387087 E – mail : dwilasinee @yohoo.com

6. ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2540 วท.บ. (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปีการศึกษา 2543 วท.ม. (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

7. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่

และแหล่งทุน

1. งานวิจัยสาขาเทคโนโลยีชีวภาพ เรื่อง "Quadruple-pulsed Amperometric Detection for Simultaneous Flow Injection Determination of Glucose and Fructose" ตีพิมพ์ลงวารสาร Analytica Chimica Acta, Vol. 448, No. 1-2, December, pp. 215-220.

2. งานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ เรื่องการผลิตกลูโคสไซรับจากมอลต์ ข้าวเปลือกจากแป้งชนิดต่างๆ

3. งานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว เรื่องการใช้สารสกัดจากหมาก ชนิดต่างๆในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในผลมะม่วงน้ำดอกไม้

4. ปี 2549 งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เรื่อง พัก แม้ว (ชาโยเต้) เพื่อสุขภาพ พืชเศรษฐกิจ อำเภอเขาค้อ จังหวัด เพชรบูรณ์ ทุนอุดหนุนวิจัยของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัย ราชภัฏเพชรบูรณ์

5. ปี 2550 งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เรื่อง การหาปริมาณฟอรัมาลินในอาหารสดในเขตเทศบาลเมืองเพชรบูรณ์

6. ปี 2551 งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เรื่องการ พัฒนาผลิตภัณฑ์กัมมีมะขาม

7. ปี 2552 งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เรื่องการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ชาโยเต้แผ่นปรุงรส

8. ปี 2553 งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เรื่องการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ธัญพืชอัดแท่ง เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน อำเภอ เขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

9. ปี 2554 งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เรื่องการ พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากข้าวเคลือบปรุงแต่งกลิ่นรส

10. ปี 2554 งานวิจัยทางด้านการจัดการ เรื่อง การพัฒนาห่วงโซ่มูลค่าข้าวจากระดับชุมชนสู่การตลาดอย่างยั่งยืน
11. ปี 2555 งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใช้น้ำแผ่น
12. ปี 2556 งานวิจัยทางด้านการจัดการ เรื่อง โครงการเสริมสร้างศักยภาพการผลิตเชื่อมโยงการตลาดสินค้าเกษตรคุณภาพและเกษตรปลอดภัย ยุทธศาสตร์การพัฒนากลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1
13. ปี 2557 งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เรื่อง การผลิตขนมขบเคี้ยวจากบัวบกเพื่อส่งเสริมการบริโภคบัวบกในเด็ก
14. ปี 2558 งานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพญาลิสมังแกเพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ชุมชนอำเภอน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์

8. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

1. เรื่อง "Quadruple-pulsed Amperometric Detection for Simultaneous Flow Injection Determination of Glucose and Fructose" ตีพิมพ์ลงวารสาร Analytica Chimica Acta, Vol. 448, No. 1-2, December, pp. 215-220.
2. เรื่อง การหาปริมาณฟอร์มาลีนในอาหารสดในเขตเทศบาลเมืองเพชรบูรณ์
ทุนอุดหนุนวิจัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ นำเสนอในงานการประชุมวิชาการ เพื่อพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 2
3. เรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาโยเด่แผ่นปรุงรส ทุนอุดหนุนวิจัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ นำเสนอในงานการประชุมวิชาการ เพื่อพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ครั้งที่ 3

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย 2

1. ชื่อ-นามสกุล นางสาวขวัญจิตต์ อนุกุลวัฒนา

Miss Kwanjit Anukulwattana

2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3679900165844

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อ.เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000

โทรศัพท์ 056-717100 ต่อ 1411, 081-2076066

E-mail : noknok008@yahoo.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2547 วทม. (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปีการศึกษา 2544 วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว

การแปรรูปผลิตภัณฑ์ซอส น้ำจิ้มในภาชนะ บรรจุปิด

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

- ปี ๒๕๕๙ ทุนอุดหนุนงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประเภทงานวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ เรื่อง “ผลของการแปรรูปต่อสารต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวดำสำเร็จรูปบรรจุถุงรีทอร์ต”
- ปี ๒๕๔๘ ทุนอุดหนุนงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประเภทงานวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชนและท้องถิ่น เรื่อง “การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงน้ำดอกไม้และปรับปรุงคุณภาพเพื่อเพิ่มศักยภาพการส่งออก”
- ปี ๒๕๕๗ ทุนอุดหนุนการทำวิจัยประเภททั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เรื่อง “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวญี่ปุ่นจากข้าวเหนียวดำสายพันธุ์ลิ้มผิว”
- ปี 2555 ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เรื่อง “ผลของการเติมสารไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของแป้งกล้วยเตี๋ยวสำเร็จรูป”
- ปี 2554 ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เรื่อง “การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องเคมีนิวเคลียร์ของนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ชั้นปีที่ ๑ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์”
- ปี 2553 ทุนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เรื่อง “การพัฒนาผงหมักไก่เนื้อนุ่ม”

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย 3

1. ชื่อ – นามสกุล นางสาวชนิษฐา ศรีนวล
Miss. Khanittha Srinual
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 5499 00008 60 0
3. ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย สายวิชาการ

4. ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

5. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

หลักสูตรสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง

จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

โทรศัพท์ 0-5671-7100 ต่อ 1411

โทรสาร 0-5671-7123

E-mail : nittha_real@hotmail.com

6. ประวัติการศึกษา

วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร)

มหาวิทยาลัยพายัพ

วท.ม. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่