



รายงานการวิจัย
สีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด
Natural Colorants from Mangosteen Rinds

หัวหน้าโครงการ
ดร. อรุษา เชาวนลิขิต
ผู้ร่วมโครงการ
ดร. ชีรรัตน์ อธิธิโสภณกุล

กันยายน 2554

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของกระบวนการระเหยและกรดแอสคอร์บิกต่อปริมาณแอนโธไซยานินของสารสกัดจากเปลือกมังคุด และศึกษาผลของ Maltodextrin (DE10 และ DE18) ต่อปริมาณแอนโธไซยานินของผงสีจากเปลือกมังคุดที่ผ่านการทำแห้งแบบสุญญากาศและการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่ากรดแอสคอร์บิกมีผลต่อปริมาณแอนโธไซยานินของสารสกัดจากเปลือกมังคุดอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยการระเหยในสภาวะสุญญากาศหรือการใส่กรดแอสคอร์บิกสามารถรักษาแอนโธไซยานินได้มากกว่าการระเหยในสภาวะความดันอากาศปกติ สารสกัดที่ได้จากการระเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator ร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิก 0.1% มีปริมาณสารแอนโธไซยานินมากที่สุด คือ 11.61 ± 0.60 mg/100 ml เมื่อนำสารสกัดผสมกับ Maltodextrin (DE10 และ DE18) และทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศและเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า Maltodextrin มีผลต่อการรักษาแอนโธไซยานินในระหว่างการอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดย ผงสีจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin และผ่านการอบแห้งแบบสุญญากาศสามารถรักษาปริมาณแอนโธไซยานินได้ถึง 65-82% ในขณะที่ผงสีจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin และผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยสามารถรักษาปริมาณแอนโธไซยานินได้เพียง 19-31 % หลังจากนั้นนำผงสีไปละลายน้ำและผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 120 นาที พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลามีผลทำให้ปริมาณแอนโธไซยานินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และ ผงสีที่เติม maltodextrin มีค่าครึ่งชีวิตของปริมาณแอนโธไซยานินสูงกว่า 102 นาที หรือ 1 ชั่วโมง 42 นาที ที่ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรเซชัน

Abstract

The effect of evaporation method and ascorbic acid on anthocyanin content of mangosteen rind extracts and the effect of maltodextrin (DE10 and DE18) on anthocyanin content of mangosteen rind powder dried from vacuum dryer and spray dryer were studied. Ascorbic acid had a significant effect on anthocyanin content of mangosteen rind extract ($p \leq 0.05$). The vacuum evaporation method or the ascorbic addition preserved higher anthocyanin content of extracts than the evaporation method under atmospheric pressure. The mangosteen extracts that was ascorbic acid added and evaporated by rotary vacuum evaporator contained the highest anthocyanin content (11.61 ± 0.60 mg/100 ml). When the extracts were mixed with two different maltodextrin (DE10 and DE 18) and dried with vacuum dryer or spray dryer, it showed that maltodextrin had a significant preserved effect on anthocyanin content during drying ($p \leq 0.05$). The maltodextrin addition and vacuum drying can preserved 65-82% of anthocyanin content of mangosteen extract while The maltodextrin addition and spray drying can preserved 19-31% of anthocyanin content of mangosteen extract. After than, mangosteen powders were dissolved in water and heated at 3 different temperature (70, 80, and 90 °C) for 120 minutes. The results showed that temperature and heating time has a decreasing effect on anthocyanin content ($p \leq 0.05$). The anthocyanin half-life of maltodextrin added mangosteen powders was higher than 102 minutes or 1 hour and 42 minutes under pasteurization temperature.

ประกาศคุณูปการ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยโครงการนี้
ขอขอบคุณคุณจิราภรณ์ สอนดี นางสาวนิจ อุบลเยี่ยม นายสิทธิศักดิ์ ศรีโยธี นางสาว
แก้วอรุณ เพ็ชรน้ำสิน นายอัฐชัย ธรรมธีระ ที่ช่วยดำเนินการโครงการวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย

ดร. อรุษา เชาวณลิขิต

ดร. ชีรรัตน์ อิทธิโสภณกุล



สารบัญ (Table of contents)

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อ | 2 |
| Abstract | 3 |
| ประกาศคุณูปการ | 4 |
| สารบัญ | 5 |
| บัญชีตาราง | 6 |
| บัญชีรูปภาพ | 7 |
| บทที่ 1 บทนำ | 8 |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 10 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย | 13 |
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการทดลอง | 18 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ | 30 |
| บรรณานุกรม | 31 |
| ประวัติย่อผู้วิจัย | 34 |



บัญชีตาราง (List of tables)

| | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 1 ปริมาณแอนโทไซยานินและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดหลังการระเหยเอทานอลด้วย 2 วิธี | 19 |
| ตารางที่ 2 ปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดเปลือกมังคุดก่อนและหลังการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ | 21 |
| ตารางที่ 3 ปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดเปลือกมังคุดก่อนและหลังการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย | 22 |
| ตารางที่ 4 ค่าChroma และ Hue angle ของผงสีที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบสุญญากาศและแบบพ่นฝอย | 25 |
| ตารางที่ 5 ปริมาณความชื้น %Yield และอัตราการละลายของผงสีที่ทำแห้งแบบสุญญากาศและการทำแห้งแบบพ่นฝอย | 25 |
| ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานินของผงสีจากการทำแห้งแบบสุญญากาศที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90°C เป็นเวลา 120 นาที | 27 |
| ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานินของผงสีจากการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90°C เป็นเวลา 120 นาที | 28 |
| ตารางที่ 8 ค่าครึ่งชีวิตของผงสีที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C 80°C และ 90°C เป็นเวลา 120 นาที ของผงสีจากการทำแห้งแบบสุญญากาศ และการทำแห้งแบบพ่นฝอย | 29 |

บัญชีภาพประกอบ (List of illustrations)

| | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 1 ปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดจากเปลือกมังคุด หลังผ่านกระบวนการระเหยเอทานอล | 19 |
| รูปที่ 2 ปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดเปลือกมังคุดก่อนและหลังการทำแห้ง ด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ | 21 |
| รูปที่ 3 ปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดเปลือกมังคุดก่อนและหลังการทำแห้งด้วย เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย | 23 |
| รูปที่ 4 ลักษณะปรากฏของผงสีที่เติม Maltodextrin DE10 และ Maltodextrin DE18 เมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งแบบสุญญากาศ | 24 |
| รูปที่ 5 ลักษณะปรากฏของผงสีเมื่อเติม Maltodextrin DE10 และ Maltodextrin DE18 เมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย | 24 |

บทที่ 1 บทนำ

สีเป็นปัจจัยแรกที่มีผลต่อประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และเป็นคุณลักษณะที่แสดงคุณภาพของสินค้าต่างๆ ซึ่งอาจสูญเสียหรือเปลี่ยนไปมากในระหว่าง กระบวนการผลิตหรือการเก็บรักษา ทำให้สีผสมอาหารต่างๆ ถูกนำมาใช้เพื่อแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหารนั้นให้มีสีที่สม่ำเสมอและเป็นที่ดึงดูดใจของผู้บริโภค โดยทั่วไปสีที่ใช้ผสมอาหารแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ สีธรรมชาติ เป็นสีที่สกัดได้จากพืชหรือสัตว์ เช่น สีเหลืองจากดอกคำฝอย สีส้มจากดอกอัญชัน สีแดงจากกระเจี๊ยบหรือครั่ง เป็นต้น และสีสังเคราะห์ เป็นสีที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมีต่างๆ เช่น เอริโทรซิน, คาร์คอริน เป็นต้น ซึ่งสีส่วนใหญ่ที่ใช้ผสมในผลิตภัณฑ์อาหารในระดับอุตสาหกรรม คือ สีสังเคราะห์ เนื่องจากสีสังเคราะห์มีความคงตัวต่ออุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง แสง และอื่นๆ (Cevallos-Casals and Cisneros-Zevallos, 2004) แต่การรับประทานสีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารอาจจะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เพราะสีจะไปเคลือบเยื่อกระเพาะอาหารและลำไส้ ขัดขวางการดูดซึมอาหาร McCann et al.(2007) รายงานว่า สีผสมอาหารประเภทสีสังเคราะห์และสารโซเดียมเบนโซเอต(วัตถุกันเสีย) อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคสมาธิสั้น มีพฤติกรรมไม่หยุดนิ่ง (ไฮเปอร์) ในเด็กอายุระหว่าง 3-9 ขวบ จึงทำให้ความต้องการใช้สีจากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น

แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุชนิดหนึ่งที่ละลายในน้ำ เป็นสารที่ให้ทั้งสีส้ม สีแดง สีม่วง และสีน้ำเงิน จึงมีประสิทธิภาพสำหรับใช้เป็นสารให้สีตามธรรมชาติ นอกจากนี้แอนโทไซยานินยังมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ซึ่งช่วยในการป้องกันโรคมะเร็ง โรคภาวะข้ออักเสบ โรคหัวใจและหลอดเลือด พบมากในองุ่น และผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ เป็นต้น อรุษา และ อรัญญา (2548) พบว่าเปลือกแห้งของมังคุดมีปริมาณแอนโทไซยานินมากถึง 179.49 mg Cyn-3-Glu/100g จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าสารสกัดจากเปลือกมังคุดนั้นมีสีม่วงแดงอย่างสวยงาม แต่มีรสขมที่สามารถกำจัดโดยวิธีการแปรรูปที่เหมาะสมและ Maltodextrin เป็นสารช่วยในการรักษาสีได้เพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถพัฒนาต่อยอดให้เกิดผลิตภัณฑ์สารให้สีที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารวมวิธีการผลิตสารให้สีจากเปลือกมังคุด
2. เพื่อศึกษาชนิดของ Drying aid ที่มีผลต่อคุณภาพของผงสีจากเปลือกมังคุดที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบสุญญากาศ
4. เพื่อศึกษาชนิดของ Drying aid ที่มีผลต่อคุณภาพของผงสีจากเปลือกมังคุดที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย
5. เพื่อศึกษาความคงตัวของสีที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 °C เป็นเวลา 120 นาที

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาวิธีการระเหยของสารสกัดและสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน

ตัวแปรต้น : การระเหย (สภาวะปกติและสภาวะสุญญากาศ) และสารป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (0 และ 0.1%)

ตัวแปรตาม : ปริมาณแอนโทไซยานิน

2. ศึกษาชนิดของ Drying aid ที่มีผลต่อคุณภาพของสารให้สีที่ผ่านการทำแห้งแบบสุญญากาศ

ตัวแปรต้น : Control ,Maltodextrin Dextrin (DE 10, 18)

ตัวแปรตาม : ปริมาณแอนโทไซยานิน ค่าสี L C h ค่าครึ่งชีวิตของผงสี ,% Yield, ความชื้น และอัตราการละลายของผงสี

3. ศึกษาชนิดของ Drying aid ที่มีผลต่อคุณภาพของสารให้สีที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ตัวแปรต้น : Control ,Maltodextrin Dextrin (DE 10, 18)

ตัวแปรตาม : ปริมาณแอนโทไซยานิน ค่าสี L C h ค่าครึ่งชีวิตของผงสี % Yield, ความชื้น และอัตราการละลายของผงสี

4. ศึกษาความคงตัวของสีที่ละลายจากผงสีแต่ละชนิดผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 °

C เป็นเวลา 120 นาที

ตัวแปรต้น : อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 °C

ตัวแปรตาม : ปริมาณแอนโทไซยานิน ค่าสี ค่าครึ่งชีวิตของสี

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แอนโทไซยานิน เป็นกลุ่มของสารประกอบที่ให้สีแดง ชมพู น้ำเงิน และม่วง สามารถละลายน้ำได้ และพบทั่วไปในพืชทำให้เกิดสีกับดอก ใบ ผล และส่วนอื่นๆของพืช ในปัจจุบันมีแอนโทไซยานินประมาณ 20 ชนิด แต่ที่มีความสำคัญมีอยู่ 6 ชนิดคือ เพลาร์โกนิน (Pelargonidin), ไชยานิน (Cyanidin), เดลฟินิดิน (Delphinidin), พีโอนิน (Peonidin), พิตูนิน (Petunidin) และมัลวิดิน (Malvidin) ความคงตัวของแอนโทไซยานินนั้นจะขึ้นอยู่กับ โครงสร้าง ความเข้มข้นของรงควัตถุ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มแสง โลหะ เอนไซม์ ออกซิเจน ascorbic acid และน้ำตาล (Mazza & Miniati, 1993) Kirca A., Özkan M. and Cemeroglu B., (2007) พบว่า เมื่อให้ความร้อนสูง แก่น้ำผลไม้ที่มีแอนโทไซยานินจะทำให้การสลายตัวของแอนโทไซยานินก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย Fossen และคณะ (1998) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานิน (petanin และ Cyanidin-3-glucoside) ใน pH 1-9 เก็บที่อุณหภูมิ 10 และ 23°C เป็นเวลา 60 วัน พบว่า เมื่อเวลาในการเก็บนานขึ้นทำให้ปริมาณของแอนโทไซยานินลดลง ยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินจะลดลงอย่างรวดเร็ว

กระบวนการทำแห้ง คือการลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถระงับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้คือ มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (A_w) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้สามารถเก็บอาหารไว้ได้นาน อาหารแห้งแต่ละชนิดจะมีความชื้นที่แตกต่างกันไป ซึ่งในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ต่างๆมักอยู่ในรูปที่พร้อมใช้งานได้เลย และสามารถเก็บรักษาได้ง่ายและนาน หลักการในการทำแห้ง มีหลายวิธีคือ

- 1) ใช้กระแสลมร้อนสัมผัสกับอาหาร เช่น ตู้อบแสงอาทิตย์ ตู้อบลมร้อน (Hot air dryer)
- 2) พ่นอาหารที่เป็นของเหลวไปในลมร้อน เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray dryer)
- 3) ให้อาหารชั้นสัมผัสผิวหน้าของลูกกลิ้งร้อน เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum dryer หรือ Roller dryer)
- 4) กำจัดความชื้นในอาหารในสภาพที่ทำน้ำให้เป็นน้ำแข็งแล้วกลายเป็นไอในห้องสุญญากาศ ซึ่งเป็นการทำให้อาหารแห้งแบบเยือกแข็ง โดยเครื่องอบแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dryer)
- 5) ลดความชื้นในอาหารโดยใช้ไมโครเวฟ (Microwave)

ซึ่งการทำแห้งแต่ละวิธีจะมีผลต่อแอนโทไซยานินแตกต่างกัน จากผลการทดลองเบื้องต้นพบว่าผลที่ได้จาก Hot air dryer จะมีคุณภาพต่ำ และผลที่ได้จาก Freeze dryer มีคุณภาพที่ดี แต่เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้มีราคาแพง จึงเป็นข้อจำกัดในการส่งเสริมให้เกิดการต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้ สำหรับผลที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งสุญญากาศ และเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยนั้นมีคุณสมบัติที่ดี ราคาไม่สูงมากนัก และสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์หลายชนิดจึงน่าสนใจที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้

เทคโนโลยีไมโครเอนแคปซูลชัน (Microencapsulation technology) เป็น กระบวนการที่ของเหลวหรืออนุภาคถูกห่อหุ้มให้อยู่ในรูปของแคปซูลด้วยพอลิเมอร์เป็นชั้นบางๆ เกิดเป็นไมโครแคปซูลซึ่งมีขนาดประมาณ 1-1,000 ไมครอน ชั้นพอลิเมอร์บางๆ นี้เองที่จะเป็นตัวป้องกันหรือปลดปล่อยสารสำคัญภายในออกมาเมื่อเราต้องการ โดยทำให้เกิดฟิล์มบางๆ รอบอนุภาค หรือทำให้เกิดเป็นอิมัลชัน และทำให้แห้ง ซึ่งสารสำคัญที่ต้องป้องกันในไมโครแคปซูลจะถูกรเรียกว่า คอร์ (core) และผนังบางๆ ที่ห่อหุ้มสารสำคัญจะถูกรเรียกว่าวอลล์ (wall) ลักษณะของวอลล์ (wall) ที่ดีควรจะต้องมีความสามารถแผ่เป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ได้ มีความยืดหยุ่นและแข็งแรงเพียงพอ มีความสามารถทำให้เกิดอิมัลชัน มีคุณสมบัติในการยึดติดกับคอร์ (core) ได้ดี โดยไม่ทำปฏิกิริยากัน มีความหนืดต่ำเมื่ออยู่ในสถานะของแข็งต้องไม่ขึ้นง่าย นอกจากนี้ยังต้องมีความคงตัวสูง เพื่อจะป้องกันคอร์(core) จากสภาพแวดล้อมต่างๆ และปลดปล่อยคอร์ (core) ได้ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน จะเห็นได้ว่าวอลล์ (wall) เป็นตัวการที่สำคัญของเทคนิคไมโครเอนแคปซูลชัน ดังนั้นการเลือกใช้สารที่จะนำมาทำเป็นวอลล์ (wall) จึงจำเป็นที่จะต้องเลือกให้เหมาะสมทั้งต่อสารสำคัญ และต่อสภาพที่ต้องการใช้ ในบางครั้งอาจจะต้องทำวอลล์ (wall) 2 ชั้น ชั้นในเพื่อปกป้องคอร์ (core) และชั้นนอกเพื่อวัตถุประสงค์ของการใช้งาน สารที่สามารถนำมาทำเป็นวอลล์ (wall) ได้มีมากมายหลายชนิด ที่นิยมใช้และมีราคาไม่แพง คือ สารในกลุ่มของแป้ง เช่น มอลโตเด็คซ์ตริน (maltodextrin) กลูโคสไซรัป (glucose syrup) และแป้งดัดแปร (modified starch)

มอลโตเด็คซ์ตริน เป็นคาร์โบไฮเดรตพอลิเมอร์ที่ผลิตได้จากแป้ง มีกลูโคสโมโนเมอร์อยู่ 5-10 หน่วยต่อโมเลกุล ขึ้นอยู่กับค่า DE (dextrose equivalent) ซึ่งมอลโตเด็คซ์ตรินจะมีค่า DE น้อยกว่า 20 น้ำหนักโมเลกุลของมอลโตเด็คซ์ตรินจะลดลงเมื่อค่า DE เพิ่มขึ้น เช่น น้ำหนักโมเลกุลของมอลโตเด็คซ์ตริน DE5 DE10 DE15 มีค่า 3600 1800 และ 1200 ตามลำดับ คุณสมบัติโดยทั่วไปของมอลโตเด็คซ์ตริน คือ ละลายน้ำได้ และมีคุณสมบัติในการป้องกันคอร์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Shahidi and Han, 1993) มีคุณสมบัติเด่นในด้านการให้ความหนืดต่ำเมื่อใช้ที่ปริมาณของแข็งสูงๆ ซึ่งเหมาะกับกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย และยังมีน้ำหนักโมเลกุลที่หลากหลายทำให้ได้ชั้นความหนาของวอลล์แตกต่างกันไปตามต้องการ (Cai and Corke, 2000, Desorby et al., 1997 and Wagner and Warthesen, 1995)

กลูโคสไซรัป เป็นพอลิเมอร์ที่ผลิตได้จากแป้งโดยการย่อยโมเลกุลของแป้งให้สั้นลง เช่นเดียวกับมอลโตเด็คซ์ตริน แต่ต่างกันตรงที่กลูโคสไซรัปมีค่า DE > 20 แป้งที่ถูกย่อยให้มีค่า DE มากจะมีสมบัติในด้านการป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ดีขึ้น (Anandaraman and Reineccius, 1986) มีการศึกษาพบว่าการใช้กลูโคสไซรัป DE25 จะช่วยในเรื่องการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของคอร์ได้ดีที่สุด (Westing et al., 1988)

จากการทดลองเบื้องต้นพบว่า Maltodextrin สามารถป้องกันการสลายตัวของแอนโทไซยานินจากสีของเปลือกมังคุดได้มากกว่า Gum Arabic แต่เมื่อนำผงสีไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90°C เป็นเวลา 120 นาที พบว่าค่าครึ่งชีวิตของผงสีที่ได้จาก Maltodextrin อยู่ในช่วง 2-7 ชั่วโมง

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะผลิตผงสีจากเปลือกมังคุดที่มีความคงตัวของสีเพิ่มมากขึ้น สามารถนำไปใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้โดยใช้เครื่องอบแห้ง 2 แบบที่นิยมใช้ในการผลิตอาหารผง คือ เครื่องอบแห้งแบบฟลอย และ เครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

Lohanchoompol และคณะ(2004) ศึกษาผลกระทบของการทำแห้งโดย carbinet dryer ต่อปริมาณแอนโทไซยานินในบลูเบอร์รี่ พบว่า หลังการทำแห้งปริมาณแอนโทไซยานินลดลง 40.28%

Bohm และคณะ (2006) พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทำแห้งแบบ Microwave-vacuum ช่วยปรับปรุงสีและเนื้อสัมผัสของสตอร์เบอร์รี่และหลังจากการทำแห้ง ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดลดลงประมาณ 35%

Kwok และคณะ (2004) พบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินของ Saskatoon berries (*Amelachier alnifolia* Nutt.CV.Smoky)หลังการทำแห้งแบบแช่แข็ง (freeze drying) การทำแห้งแบบไมโครเวฟสุญญากาศ (Vacuum-microwave drying) และการทำแห้งแบบใช้กระแสลมร้อนสัมผัสกับอาหาร Air drying ลดลงประมาณ 22.57% 53.46% และ 87.61% ตามลำดับ

เกียรติศักดิ์ (2535) ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานิน โดยทำการเติมวัตถุเจือปนอาหารเพื่อช่วยในการรักษาเสถียรภาพของแอนโทไซยานิน คือ (+)-catechin,rutin และ caffeic acid ความเข้มข้น 80 mg/100ml เก็บที่อุณหภูมิต่ำ เป็นเวลา 98 วัน พบว่าความคงตัวของแอนโทไซยานินสูงในสภาวะที่มี rutin, (+)-catechin และ caffeic acid ตามลำดับ

Ersus และคณะ (2007) ศึกษาผลกระทบของ maltodextrin ที่มีค่า DE แตกต่างกันต่อปริมาณแอนโทไซยานินที่สกัดได้จาก Black carrot โดยวิธีการทำแห้งแบบฟลอย พบว่า การใช้ Glucodry 210 (DE 20-23) รักษาแอนโทไซยานินจากความร้อนได้มากที่สุด รองมา SD10(DE 10) และ MDX29(DE 28-31) แต่ในการศึกษาของBangs และReineccius(1981) พบว่า Maltodextrin ที่มีค่า DE เท่ากับ 10 จะรักษากลิ่นของสารประกอบได้ดีที่สุด ถ้า DE เพิ่มขึ้น (DE 15, DE 20, DE25 และ DE 36.5) มีผลต่อการรักษากลิ่นของสารประกอบที่ลดลง

Duangmal และคณะ (2004) ศึกษาผลของ Maltodextrin และ Trehalose ต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินของกระเจี๊ยบพบว่า Maltodextrin ช่วยป้องกันการสลายตัวของแอนโทไซยานินได้ดี

Krishnan และคณะ (2005) ศึกษาเกี่ยวกับ Microencapsulation ในผลกระวาน (cardamom) โดยใช้ gum arabic, maltodextrin and a modified starch เป็นสารเคลือบในกระบวนการทำแห้งแบบฟลอย ผลการทดลองพบว่า การใช้ Gum Arabic เป็นสารช่วยทำแห้งจะให้ผลดีที่สุดคือสามารถรักษากลิ่นรสของผลกระวานได้มากที่สุด

Chandra, Nair, และ lezzoni (1993) พบว่า การใช้ maltodextrin หรือ cyclodextrin ในการทำแห้งผงเชอร์รี่จะรักษาความคงตัวของแอนโทไซยานินในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ดีกว่าผงเชอร์รี่ที่ไม่ได้เติมสารช่วยทำแห้ง เมื่อเก็บเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

เปลือกมังคุดแช่แข็งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ - 40 °C

การลดขนาดตัวอย่าง

นำเปลือกมังคุดแช่แข็งมาละลายน้ำแข็งโดยใช้เครื่อง Microwave (HITACHI, MR-80ST, Japan) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำเปลือกมังคุดที่ได้มาลดขนาดโดยการหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (Moulinex, Optiblend 2000, France)

การสกัดสารให้สีจากเปลือกมังคุด (ดัดแปลงจากวิธีของ จิราภรณ์และสุนทรี, 2551)

นำเปลือกมังคุดบดละเอียด มาชั่งให้ได้น้ำหนักประมาณ 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 ml เติมสารละลายผสมระหว่าง 95% Ethanol กับน้ำในอัตราส่วน 70:30 ปริมาตร 250 ml (acidified) นำไปสกัดโดยใช้ในเครื่อง Sonicator (Elma, D-78224 Singen / Htw, Germany) เป็นเวลา 15 นาที กรองแยกกากโดยใช้ผ้าขาวบาง จากนั้นระเหยเอทานอลออกแล้วนำไป เซนทรีฟิวจ์ที่ความเร็วรอบ 300 g เป็นเวลา 15 นาที จะได้สารสกัดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 5 ° Brix ต่อจากนั้นนำสารสกัดไปเซนทรีฟิวจ์เพื่อแยกตะกอนออกจากสารสกัด จะได้สารสกัดแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุดที่เป็นสารละลายใส แล้วเก็บในขวดสีชาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -40 °C เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

ผลของกระบวนการระเหยเอทานอลและการใช้สารต้านออกซิเดชันต่อปริมาณแอนโทไซยานิน (ดัดแปลงจากวิธีของจิราภรณ์ และสุนทรี, 2551)

นำเปลือกมังคุดบดละเอียด มาชั่งให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 ml เติมสารละลายผสมระหว่าง 95% Ethanol กับน้ำในอัตราส่วน 70:30 ปริมาตร 250 ml นำไปสกัดโดยใช้ในเครื่อง Sonicator (Elma, D-78224 Singen/Htw, Germany) เป็นเวลา 15 นาที กรองแยกกากโดยใช้ผ้าขาวบาง ทิ้งกาก แล้วแบ่งสารสกัดที่ได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน **ส่วนที่ 1** เติมกรดแอสคอร์บิก 0.1% แล้วนำไประเหยเอทานอลออก ภายใต้อากาศด้วยเครื่อง Rotary Evaporator (Buchi, R-124, Switzerland) ที่อุณหภูมิ 37 °C **ส่วนที่ 2** นำไประเหยเอทานอลออก ภายใต้อากาศด้วยเครื่อง Rotary Evaporator (Buchi, R-124, Switzerland) ที่อุณหภูมิ 37 °C (ส่วนที่ 2 ไม่เติมกรดแอสคอร์บิก 0.1%) **ส่วนที่ 3** เติมกรดแอสคอร์บิก 0.1% แล้วนำไประเหยเอทานอลออก ด้วยเครื่อง Hot Plate Stirrer ที่อุณหภูมิ 60 °C **ส่วนที่ 4** นำไประเหยเอทานอลออก ด้วยเครื่อง Hot Plate Stirrer ที่อุณหภูมิ 60 °C (ส่วนที่ 4 ไม่เติมกรดแอสคอร์บิก 0.1%) จากนั้นนำสารสกัดไปเซนทรีฟิวจ์เพื่อแยกสารที่เป็นของแข็งสีเหลือง (ตะกอนด้านล่าง) ออกจากสารสกัด จะได้สารสกัดแอนโทไซยา-

นินจากเปลือกมังคุดที่มีลักษณะใส จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินเก็บสารสกัดโดยใส่ในขวดสีชาและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -40°C เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

การศึกษาชนิดของ Drying aid ที่มีผลต่อคุณภาพของสารให้สีที่ผ่านการทำแห้งแบบสุญญากาศ

นำสารสกัดแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ

5°Brix มาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดย

ส่วนที่ 1 (ตัวควบคุม) ไม่เติมสารช่วยทำแห้ง

ส่วนที่ 2 เติม Maltodextrin DE10 จนสารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 20°Brix

ส่วนที่ 3 เติม Maltodextrin DE18 จนสารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 20°Brix

จากนั้นนำสารสกัดทั้ง 3 ส่วนมาวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธี pH differential แล้วนำสารสกัดทั้ง 3 ส่วนเข้าเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 70°C จนน้ำระเหยหมดและได้แผ่นของผงสี จากนั้นนำไปบดให้เป็นผงด้วยเครื่องบด (Krupps, KM75, Mexico) แล้ววัดความชื้นด้วยเครื่องอินฟราเรดให้มีความชื้น 5-7% จากนั้นนำผงสีที่ได้ ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ

การศึกษาชนิดของ Drying aid ที่มีผลต่อคุณภาพของสารให้สีที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย

นำสารสกัดแอนโทไซยานินจากเปลือกมังคุดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ

5°Brix มาแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดย

ส่วนที่ 1 (ตัวควบคุม) ไม่เติมสารช่วยทำแห้ง

ส่วนที่ 2 เติม Maltodextrin DE10 จนสารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 20°Brix

ส่วนที่ 3 เติม Maltodextrin DE18 จนสารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 20°Brix

จากนั้นนำสารสกัดทั้ง 3 ส่วนมาวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธี pH differential แล้วนำสารสกัดทั้ง 3 ส่วนเข้าเครื่องทำแห้ง 3 ส่วนเข้าเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Buchi, B-191, Switzerland) ใช้อุณหภูมิเข้าเท่ากับ 180 องศาเซลเซียส Pump 10% และความดันลมออก (Aspirator) 80% จนได้ผงสีที่มีความชื้น 5-7% จากนั้นนำผงสีที่ได้ ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพ

การศึกษาความคงตัวของผงสีเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C 80°C และ 90°C เป็นเวลา 120 นาที

นำผงสีที่ผลิตจากการทำแห้งแบบสุญญากาศ และ การทำแห้งแบบพ่นฝอยปริมาณ 1 กรัม ละลายน้ำที่อุณหภูมิ 80°C ปริมาตร 50 ml ปิดเตาละลายที่ได้ใส่หลอดทดลองขนาดกลางปริมาตร 3 ml จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่ 70°C 80°C และ 90°C เป็นเวลา 120 นาที สุ่มหยิบหลอดทดลองทุก 10 นาที

แล้วจุ่มในอ่างนำเย็นทันที จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินโดยวิธี pH-differential จากนั้นนำค่าปริมาณแอนโทไซยานินที่ได้ ณ เวลาต่างๆ มาพลอตกราฟ โดยพลอตระหว่าง เปอร์เซ็นต์ของแอนโทไซยานินที่เหลืออยู่ และเวลาในการให้ความร้อน(t) เพื่อหาสมการที่ใช้ในการคำนวณระยะเวลาที่ทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลงไป 50 % หรือ ค่าครึ่งชีวิต

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี

การวิเคราะห์แอนโทไซยานิน โดยวิธี pH differential (Giusti & Wrolstad, 2001)

นำสารสกัด/สารละลายผงสี (ผงสี 1 กรัมละลายน้ำ 25 ml) ปริมาณ 0.2 ml ใส่หลอดทดลองจำนวน 2 หลอด โดยหลอดที่ 1 นำมาเจือจางด้วยสารละลาย KCl buffer pH 1.0 ปริมาตร 2.8 ml และหลอดที่ 2 นำมาเจือจางด้วยสารละลาย CH₃COONa pH 4.5 ปริมาตร 2.8 ml นำทั้ง 2 หลอดทำการผสมด้วยเครื่อง Vortex (Vortex-Genze2, G-560E, USA) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 หลังจากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm และ 700 nm ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectroscopy (Shimadzu, UV-1601, Japan) โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Blank ควรวัดค่าภายใน 15 นาที ถึง 1 ชั่วโมงหลังจากเตรียมสาร คำนวณปริมาณแอนโทไซยานิน ในรูป Cyanidin 3-glucoside โดยคำนวณหาค่า monomeric anthocyanin pigment จากสูตร monomeric anthocyanin pigment(mg/l) = (A x MW x DF x 1000)/e โดยการคำนวณค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดเจือจาง $A = (A_{520} - A_{700})_{KCl\ pH1.0} - (A_{520} - A_{700})_{CH_3COONa\ pH\ 4.5}$ มวลโมเลกุล (MW) ของ Cyanidin-3-glucoside เท่ากับ 449.2 ค่า e หรือ Molar absorbtivity เท่ากับ 26900 และค่า DF (dilution factor) = 15 (สารสกัดปริมาณ 0.2 ml เจือจางด้วยสารละลาย 2.8 ml จนปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 3 ml โดยค่า DF คำนวณจาก (ปริมาตรสารสุดท้าย/ ปริมาณสารตัวอย่าง) ดังนั้นค่า DF เท่ากับ $3/0.2 = 15$) คำนวณปริมาณแอนโทไซยานิน (mg Cyanidin 3-glucoside/g of dry weight)

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

นำตัวอย่างผงสีจำนวน 1 กรัม มาละลายน้ำ 50 ml และนำมาวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วยเครื่อง Refractometer (ATAGO, N-2E, Japan)

การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

นำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มาหาปริมาณความชื้น โดยใช้เครื่องวัดความชื้นอินฟราเรด (IR) (Sartorius, YTC-01L, Germany)

การวิเคราะห์ค่าสี (Yawadio และ Morita, 2007)

นำตัวอย่างผงสีมาวิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่อง Hunter colorimeter (Gardner รุ่น Color-guide

gloss) โดยใช้ Background สีขาวในการวิเคราะห์ การวิเคราะห์ค่าสีจะใช้ระบบ CIE L* a* b* โดยค่า L* หมายถึง ค่าความสว่าง ค่า a* หมายถึง ค่าของสีแดง (+) และสีเขียว (-) และค่า b* หมายถึง ค่าของสีเหลือง (+) และสีน้ำเงิน (-) แล้วนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาคำนวณหาค่า Chroma (C) = $(a^* + b^*)^{1/2}$ และค่า Hue angle (h) = $\arctan (b^*/a^*)$

การวิเคราะห์อัตราการละลาย (ดัดแปลงจากวิธีของสุนทรี, 2546)

นำผงสีมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1 กรัม ละลายในน้ำที่อุณหภูมิ 80 °C ปริมาตร 50 ml คนให้ผงสีละลายด้วยแท่งแก้ว เป็นเวลา 2-3 นาที หลังจากนั้นเทลงบนกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 1 คืน คำนวณ %การละลาย จากสูตร (น.น.กระดาษกรองหลังน้ำผ่าน – น.น.กระดาษกรองเริ่มต้น) x 100

การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโไซยานิน หลังจากการระเหยเอทานอลด้วยวิธี Rotary evaporator และ Hot plate stirrer ร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิก โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) แบบ factorial โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS 11.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) แบบ one way ANOVA โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS 11.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์ผลกระทบของ Maltodextrin และกระบวนการทำแห้ง (ก่อนและหลังทำแห้ง) ต่อปริมาณแอนโไซยานิน โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) แบบ factorial โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS 11.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) แบบ one way ANOVA โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยโปรแกรมทางสถิติ SPSS 11.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์ความแตกต่างของคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ %moisture %yield อัตราการละลาย ค่า L* a* b* ค่า Chroma และค่า Hue angle โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) แบบ one way ANOVA โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS 11.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิ (70°C 80°C และ 90°C) ต่อปริมาณแอนโทไซยานินและค่าครึ่งชีวิตของผงสีที่ผ่านกระบวนการทำแห้ง โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance, ANOVA) แบบ factorial โดยทำการทดลอง 2 ซ้ำ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS 11.5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผลการทดลอง

การศึกษาผลของกระบวนการระเหยเอทานอลและการใช้สารต้านออกซิเดชันต่อปริมาณ แอนโพลีฟีนอล

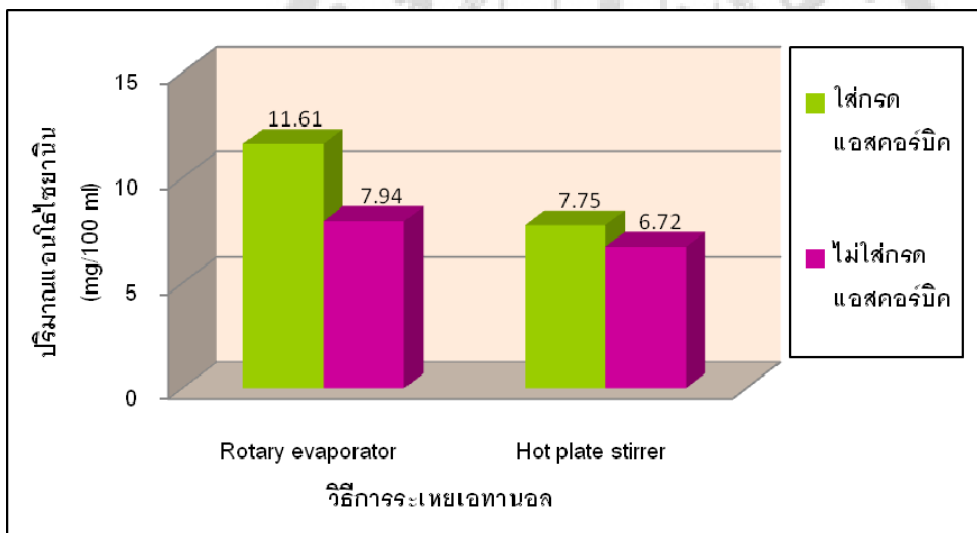
แอนโพลีฟีนอลเป็นรงควัตถุที่ถูกออกซิไดส์ได้ง่ายโดยแสง ออกซิเจน ความร้อน เป็นต้น ดังนั้นเพื่อป้องกันการสลายตัวของระหว่างการระเหยเอทานอลออกจากสารสกัด คณะผู้วิจัยจึงได้นำกรดแอสคอร์บิกมาใช้ร่วมกับการระเหย 2 ชนิด คือ ระเหย ภายใต้บรรยากาศปกติ และ ระเหยภายใต้สูญญากาศ พบว่า พบว่าวิธีที่ใช้ในการระเหยเอทานอล คือ Rotary evaporator และ Hot plate stirrer มีผลต่อปริมาณแอนโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 1 และรูปที่ 1) โดย Rotary evaporator สามารถรักษาปริมาณแอนโพลีฟีนอลได้มากกว่า Hot plate stirrer ทั้งนี้เนื่องจาก Rotary evaporator โดยหลักการแล้วใช้ความดันช่วยในการระเหยสาร จึงส่งผลให้อุณหภูมิที่ใช้ในการระเหยต่ำ (37°C) และ Hot plate stirrer ไม่ได้ใช้ความดันช่วยในการระเหย ซึ่งความร้อนที่ใช้อยู่ที่ 60°C ซึ่งใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าจึงทำให้แอนโพลีฟีนอลสูญเสียไปเนื่องจากความร้อนมากกว่า และ Hot plate stirrer ไม่ใช่ระบบปิดเหมือน Rotary evaporator จึงทำให้เกิดการสูญเสียแอนโพลีฟีนอลเนื่องจากเกิดการออกซิเดชันจากออกซิเจนมากกว่า และเนื่องจากแอนโพลีฟีนอลเป็น polyphenolics ที่ไม่เสถียร และมีแนวโน้มที่จะเกิด decolorized หรือการสลายตัวในระหว่างกระบวนการแปรรูป (Markakis, 1974) ที่อุณหภูมิสูง อย่างเช่น การปรุงอาหาร cyanidin glycosides จะถูก hydrolyzed ไปเป็น cyanidin aglycone (Seeram, Bourquin, & Nair, 2001) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kirca และ คณะ (2007) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิ ปริมาณของแข็ง และ pH ต่อความคงตัวของแอนโพลีฟีนอลของแบร์รี่แครอท พบว่า ปริมาณแอนโพลีฟีนอลของแบร์รี่แครอทที่มีปริมาณของแข็งและ pH แตกต่างกัน ซึ่งให้ความร้อนที่ $70-90^{\circ}\text{C}$ เกิดการเสื่อมสลายเป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ซึ่งเมื่อปริมาณของแข็งและความร้อนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ปริมาณแอนโพลีฟีนอลลดลง

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 1 และรูปที่ 14) พบว่า กรดแอสคอร์บิกมีผลต่อปริมาณแอนโพลีฟีนอลอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยวิธีการระเหยเอทานอลร่วมกับการใส่กรด แอสคอร์บิก สามารถรักษาแอนโพลีฟีนอลได้มากกว่าวิธีการระเหยเอทานอลที่ไม่ใส่กรด แอสคอร์บิก ทั้งนี้เนื่องจากกรดแอสคอร์บิก เป็น reducing agent เมื่อโดนแสงและอากาศจะถูกออกซิไดส์อย่างรวดเร็ว แล้วให้ไฮโดรเจนอะตอมแก่ออกซิเจนทำให้ออกซิเจนไม่สามารถทำปฏิกิริยาต่อไปได้ จึงสามารถที่จะรักษาปริมาณแอนโพลีฟีนอลได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Majchrzak และคณะ (2004) ที่ศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกต่อความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดของชาดำและชาเขียว พบว่า ผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกในปริมาณที่ต่างกันมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 1 ปริมาณแอนโไซยานินและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดหลังการระเหยเอทานอลด้วย 2 วิธี

| วิธีการระเหยเอทานอล | กรดแอสคอร์บิก | ปริมาณแอนโไซยานิน (mg Cyn-3-Glu/100 ml) |
|---------------------|---------------|--|
| Rotary Evaporator | ไม่ใส่ | 7.94 ^b ± 0.05 |
| | ใส่ | 11.61 ^a ± 0.41 |
| Hot plate Stirrer | ไม่ใส่ | 6.72 ^c ± 0.21 |
| | ใส่ | 7.75 ^b ± 0.30 |

***หมายเหตุ ผลการทดลองแสดงค่า Mean ± SD และ ^{a, b, c, d} คือค่าเฉลี่ยที่บ่งบอกถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของปริมาณแอนโไซยานินและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในแต่ละคอลัมน์ที่ใช้วิธีการระเหยต่างชนิดกันและเติมกรดแอสคอร์บิก (ใส่และ ไม่ใส่) แตกต่างกัน



รูปที่ 1 ปริมาณแอนโไซยานินของสารสกัดจากเปลือกมังคุด หลังผ่านกระบวนการระเหยเอทานอล

การศึกษาผลของ Maltodextrin และกระบวนการทำแห้งแบบสูญญากาศต่อปริมาณแอนโทไซยานิน และต่อผลจากเปลือกมังคุด

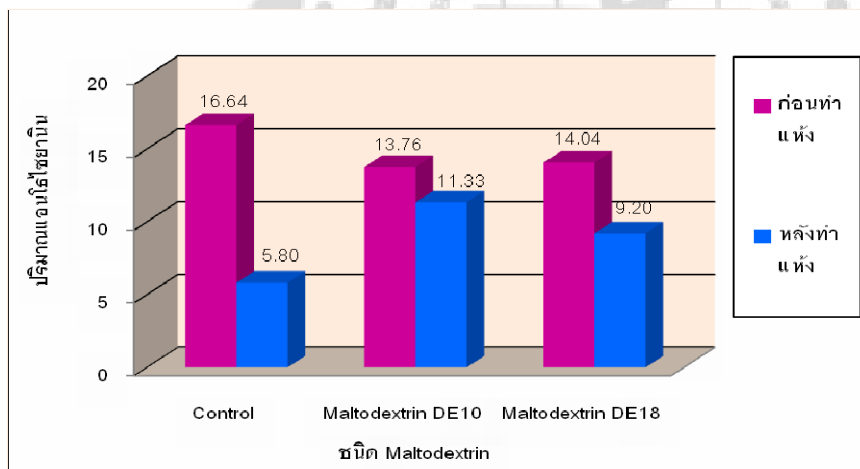
จากผลการทดลอง (ตารางที่ 2 และ รูปที่ 2) พบว่า Maltodextrin (DE10 และ DE18) และกระบวนการทำแห้งมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินของผลที่ได้จากเปลือกมังคุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลจากสารสกัดที่ไม่ผสม Maltodextrin (Control) มีการสูญเสียปริมาณแอนโทไซยานินมากถึง 65.14% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากแอนโทไซยานินเป็น polyphenolics ที่ไม่เสถียรและมีแนวโน้มที่จะเกิดการสลายตัวในระหว่างกระบวนการแปรรูป (Markakis, 1974) ที่อุณหภูมิสูง อย่างเช่น การปรุงอาหาร โดย cyanidin glycosides จะถูก hydrolyzed ไปเป็น cyanidin aglycone (Seeram, Bourquin, & Nair, 2001) ในขณะที่ผลที่ได้จากสารสกัดผสม Drying aid จะสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ดี Maltodextrin มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างแป้ง (DE ต่ำ) และน้ำตาล (DE สูง) ซึ่งสามารถเป็น film-forming โดยจะเกิดฟิล์มบางๆที่มีความยืดหยุ่น ห่อหุ้มสารเอาไว้ (Encapsulate) จึงสามารถช่วยลดการสูญเสียจากสภาวะแวดล้อมได้เป็นอย่างดี และผลจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin DE10 สามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินไว้ได้มากที่สุดเท่ากับ 82.34% ตามด้วย ผลจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin DE18 สามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินไว้เท่ากับ 65.48% โดยจากงานวิจัยของ Bangs และ Reineccius (1981) พบว่า ความสามารถในการรักษาสารประกอบที่ให้กลิ่นรสของ Maltodextrin นั้นจะขึ้นอยู่กับค่า Dextrose Equivalent (DE) ซึ่งพบว่า Maltodextrin DE10 มีความสามารถในการรักษาสารให้กลิ่นรสได้ดีที่สุด เมื่อ DE เพิ่มขึ้น (DE15 , DE20, DE25 และ DE36.5) ความสามารถในการรักษากลิ่นรสก็จะลดลง และ Rodríguez-Hernández, และคณะ (2005) ได้ทำการศึกษา maltodextrin DE 10 และ DE 20 เป็น carrier agent ในการผลิต cactus pear juice powder ซึ่งพบว่า maltodextrin DE 10 ทำให้วิตามินซีใน cactus pear juice powder คงเหลือมากกว่าการใช้ maltodextrin DE 20 maltodextrin ที่มีค่า DE สูงจะมีความว่องไวต่ออุณหภูมิผลมาจากการทำแห้งแบบพ่นฝอย เพราะ maltodextrin มีมวลโมเลกุลต่ำเนื่องจากเป็นโครงสร้างสายสั้น และจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ aldehydes ที่ด้านเปิดในโมเลกุล ซึ่งส่งผลให้โครงสร้างสูญเสียไประหว่างการให้ความร้อนของกระบวนการ (Ersus และ Yurdagel, 2007)

ตารางที่ 2 ปริมาณแอนโฆไซยานินของสารสกัดเปลือกมังคุดก่อนและหลังการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

| ตัวอย่าง | ปริมาณแอนโฆไซยานิน | |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|
| | ก่อนการทำแห้ง | หลังการทำแห้ง |
| Control | 16.64 ^a ± 2.90 | 5.80 ^c ± 1.60 |
| Maltodextrin DE10 | 13.76 ^a ± 0.30 | 11.33 ^a ± 1.41 |
| Maltodextrin DE18 | 14.04 ^a ± 0.84 | 9.20 ^b ± 0.37 |

**หมายเหตุ ผลการทดลองแสดงค่า Mean ± SD

a, ab, b, c คือค่าเฉลี่ยที่บ่งบอกถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของปริมาณแอนโฆไซยานิน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในแต่ละคอลัมน์ซึ่งใช้ Maltodextrin ต่างชนิดกัน และหน่วยของแอนโฆไซยานินก่อนกระบวนการทำแห้ง จะคิดเป็นปริมาณแอนโฆไซยานิน mg / ปริมาตรของสารสกัดเริ่มต้น (ml) และถ้าเป็นตัวอย่างหลังกระบวนการทำแห้ง จะคิดเป็นปริมาณแอนโฆไซยานิน mg/ g ของผงสีที่ได้จากสารสกัดเริ่มต้น



รูปที่ 2 ปริมาณแอนโฆไซยานินของสารสกัดเปลือกมังคุดก่อนและหลังการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสุญญากาศ

***หมายเหตุ ปริมาณแอนโฆไซยานิน ตัวอย่างก่อนกระบวนการทำแห้ง จะคิดเป็นปริมาณแอนโฆไซยานิน mg / ปริมาตรของสารสกัดเริ่มต้น (ml) และตัวอย่างหลังกระบวนการทำแห้ง จะคิดเป็นปริมาณแอนโฆไซยานิน mg/ g ของผงสีที่ได้จากสารสกัดเริ่มต้น

การศึกษาผลของ Maltodextrin และกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อปริมาณแอนโคโนซานินและต่อผงสีจากเปลือกมังคุด

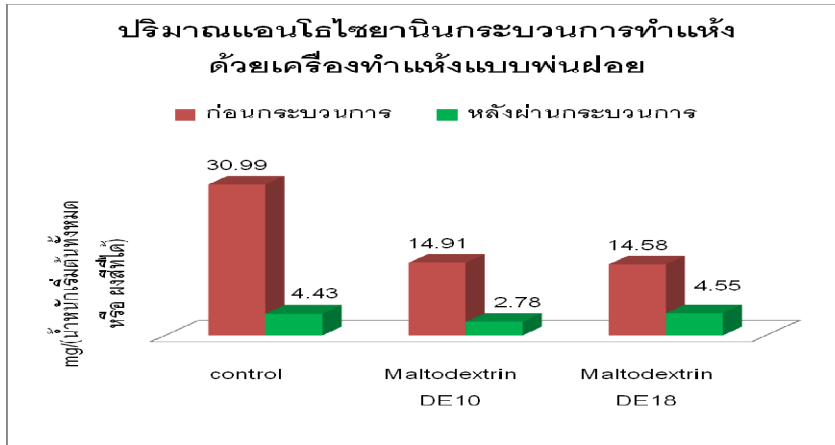
จากตารางที่ 3 พบว่ากระบวนการผลิตผงสีจากเปลือกมังคุดที่มีการเติม Maltodextrin จะช่วยรักษาปริมาณแอนโคโนซานินได้ดีกว่าตัวควบคุม เนื่องจากการเติม Maltodextrin จะช่วยในการ encapsulation แอนโคโนซานิน ทำให้รักษาปริมาณสารดังกล่าวได้ดีกว่าตัวควบคุม ผงสีจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin DE18 สามารถรักษาปริมาณ แอนโคโนซานินไว้ได้มากที่สุด เท่ากับ 19% ตามด้วย ผงสีจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin DE10 สามารถรักษาปริมาณแอนโคโนซานินได้เท่ากับ 31% อาจเนื่องจากสูญเสียผลผลิตระหว่างการทำแห้ง สังเกตได้จากมีผงสีติดอยู่ตามส่วนทำแห้งเป็นปริมาณมาก ดังนั้นควรมีการปรับสภาวะที่ใช้ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อให้เหมาะสม

ตารางที่ 3 ปริมาณแอนโคโนซานินของสารสกัดเปลือกมังคุดก่อนและหลังการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

| ตัวอย่าง | ปริมาณแอนโคโนซานิน | |
|-------------------|--------------------|---------------|
| | ก่อนการทำแห้ง | หลังการทำแห้ง |
| Control | 30.99 ± 3.14 | 4.43 ± 0.13 |
| Maltodextrin DE10 | 14.91 ± 4.50 | 2.78 ± 0.10 |
| Maltodextrin DE18 | 14.58 ± 1.67 | 4.55 ± 0.93 |

** หมายเหตุ ผลการทดลองแสดงค่า Mean ± SD

a, ab, b, c คือค่าเฉลี่ยที่บ่งบอกถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ของปริมาณแอนโคโนซานิน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดในแต่ละคอลัมน์ซึ่งใช้ Maltodextrin ต่างชนิดกัน และ หน่วยของแอนโคโนซานินก่อนกระบวนการทำแห้ง จะคิดเป็นปริมาณแอนโคโนซานิน mg / ปริมาตรของสารสกัดเริ่มต้น (ml) และถ้าเป็นตัวอย่างหลังกระบวนการทำแห้ง จะคิดเป็นปริมาณแอนโคโนซานิน mg/ g ของผงสีที่ได้จากสารสกัดเริ่มต้น



รูปที่ 3 ปริมาณแอนโกลิไซยานินของสารสกัดเปลือกมังคุดก่อนและหลังการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ผลของ Maltodextrin ต่อคุณภาพผงสีจากเปลือกมังคุดจากการทำแห้งแบบสูญญากาศและพ่นฝอย

เมื่อทำการผลิตผงสีทั้ง 3 ชนิด คือ สารสกัดจากเปลือกมังคุดที่ผ่านการระเหยเอทานอล ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 5 °Brix (Control) สารสกัดจากเปลือกมังคุดที่เติม Maltodextrin DE10 15% และสารสกัดจากเปลือกมังคุดที่เติม Maltodextrin DE18 15% แล้วนำไปทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบสูญญากาศและแบบพ่นฝอย จะได้ผงสีที่มีลักษณะดังรูปที่ 4 และ 5 พบว่า การเติม Maltodextrin มีผลต่อสีของผงสีที่ได้จากเปลือกมังคุด โดยสารสกัดที่ไม่ใส่ Maltodextrin (Control) จะให้ผงสีเข้มและผงสี Control จะดูความชื้นเร็วและเนื้อสัมผัสค่อนข้างหยาบกระด้างกว่าผงสีที่ได้จากสารสกัดผสม Maltodextrin ซึ่งดูความชื้นช้ามากและเนื้อสัมผัสของผงสีละเอียดและร่วน การทำแห้งทั้ง 2 แบบ จะมีสีแตกต่างกัน สีที่ได้จากการทำแห้งสูญญากาศจะเป็นสีออกส้ม มี Hue angle อยู่ระหว่าง 28-36 องศาในขณะที่สีที่ได้จากการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะออกสีชมพู มี Hue angle อยู่ระหว่าง 14-18 องศา (ตารางที่ 4)



ผงสีที่ไม่เติมสารช่วยทำ
แห้ง (control)



ผงสีที่เติม Maltodextrin
DE10



ผงสีที่เติม Maltodextrin
DE18

รูปที่ 4 ลักษณะปรากฏของผงสีที่เติม Maltodextrin DE10 และ Maltodextrin DE18 เมื่อผ่าน
กระบวนการทำแห้งแบบสูญญากาศ



รูปที่ 5 ลักษณะปรากฏของผงสีเมื่อเติม Maltodextrin DE10 และ Maltodextrin DE18 เมื่อผ่าน
กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

ตารางที่ 4 ค่า Chroma และ Hue angle ของผงสีที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบสุญญากาศและแบบพ่นฝอย

| ตัวอย่าง | การทำแห้งสุญญากาศ | | | การทำแห้งแบบพ่นฝอย | | |
|----------------------|-------------------|------------|------------|--------------------|------------|---------------|
| | L* | Chroma | Hue angle | L* | Chroma | Hue angle |
| ควบคุม | 14.36±0.84 | 18.44±1.15 | 36.20±1.35 | 13.86±3.36 | 18.10±2.42 | 18.43 ± 0.50 |
| Maltodextrin DE10 | 25.90±3.22 | 11.10±0.31 | 28.26±.77 | 29.13±3.92 | 9.14±1.58 | 17.01±9.04 |
| Maltodextrin DE18 | 27.84±0.42 | 8.59±0.69 | 32.71±4.35 | 27.6± 0.80 | 10.32±0.19 | 14.143 ± 7.17 |

*** หมายถึง ผลการทดลองแสดงค่า Mean ± SD

จากการเปรียบเทียบ ร้อยละผลผลิต ความชื้น และ อัตราการละลาย (ตารางที่ 5) พบว่า การทำแห้งแบบสุญญากาศจะได้ผลผลิตมากกว่าการทำแห้งแบบพ่นฝอย และผงสีที่ได้จาก 2 วิธีมีปริมาณความชื้นและ อัตราการละลายใกล้เคียงกัน ดังนั้นควรมีการปรับเปลี่ยนสภาวะการอบแห้งแบบพ่นฝอยเพื่อให้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 5 ปริมาณความชื้น %Yield และอัตราการละลายของผงสีที่ทำแห้งแบบแบบสุญญากาศ และ การทำแห้งแบบพ่นฝอย

| ตัวอย่าง | การทำแห้งสุญญากาศ | | | การทำแห้งแบบพ่นฝอย | | |
|----------------------|-------------------|--------------|-------------------|--------------------|-------------|-------------------|
| | ความชื้น (%) | Yield (%) | อัตราการละลาย (%) | ความชื้น (%) | Yield (%) | อัตราการละลาย (%) |
| ควบคุม | 6.43 ± 0.59 | 3.19 ± 0.30 | 94.15 ± 0.88 | 6.93 ± 0.82 | 0.52 ± 0.04 | 96.40 ± 1.52 |
| Maltodextrin DE10 | 5.92 ± 0.18 | 18.86 ± 0.94 | 96.07 ± 1.29 | 5.66 ± 2.10 | 4.47 ± 1.00 | 96.57 ± 1.25 |
| Maltodextrin DE18 | 6.06 ± 0.11 | 18.81 ± 1.30 | 94.88 ± 1.26 | 6.53 ± 2.4 | 5.71 ± 0.78 | 96.88 ± 0.56 |

การศึกษาผลของความคงตัวของสีที่ละลายจากผงสีแต่ละชนิดผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 °C

เมื่อนำผงสีที่ผ่านการอบแห้งแบบสุญญากาศและแบบพ่นฝอยมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90 °C เป็นเวลา 120 นาที (ตารางที่ 6-8) พบว่า พบว่า อุณหภูมิและเวลาที่ให้ความร้อน มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดการเสื่อมสลายของแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นและทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินจะลดลง อุณหภูมิ และ Maltodextrin มีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผงสีจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin จะมีความคงตัวมากกว่าเมื่อเทียบกับผงสีจากสารสกัดที่ไม่ผสม Maltodextrin นั้นแสดงว่า Maltodextrin สามารถช่วยปกป้องแอนโทไซยานินจากความร้อนได้ โดย Maltodextrin จะช่วยรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ เพราะคุณสมบัติในการเป็น Encapsulate ซึ่งจะเกิดลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ เคลือบที่เกรนูลของสารให้สีหรือกลิ่นรสเอาไว้ และเมื่อนำไปให้ความร้อน Maltodextrin ที่เคลือบไว้จะทำหน้าที่ป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าไปทำลายสารให้สีหรือกลิ่นรส โดยง่าย

ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิพวดี และคณะ (2550) ได้ทำการเตรียมและสมบัติด้านความคงตัวของผงสีแอนโทไซยานินจากเมล็ดถั่วดำ พบว่าสารละลายมีความคงตัวต่อความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ได้ดีกว่าระดับสเตอริไรซ์ อุณหภูมิและชนิดของ Maltodextrin มีผลต่ออายุการเก็บรักษา (ค่าครึ่งชีวิต) โดยผงสีที่เติม Maltodextrin DE18 มีค่าครึ่งชีวิตมากที่สุด

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโรไซยานินของผงสีจากการทำแห้งแบบสูญญากาศ ที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90°C เป็นเวลา 120 นาที

| ตัวอย่าง | เวลา (นาที) อุณหภูมิ (°C) | ปริมาณแอนโรไซยานิน (mg / l) | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| Control | 70 | 23.64 (100 %) | 24.00 (101.52%) | 23.34 (98.73%) | 22.27 (94.20%) | 23.62 (99.94%) | 18.88 (79.88%) | 20.17 (85.31%) | 18.47 (78.15%) | 18.05 (76.38%) | 17.48 (73.96%) | 16.93 (71.62%) | 13.65 (57.74%) | 14.75 (62.38%) |
| | 80 | 23.68 (100%) | 21.90 (92.47%) | 19.71 (83.21%) | 15.64 (66.05%) | 13.77 (58.12%) | 12.34 (52.11%) | 11.87 (50.13%) | 11.84 (50.00%) | 6.76 (28.53%) | 6.18 (26.11%) | 5.55 (23.41%) | 4.42 (17.39%) | 2.64 (11.16%) |
| | 90 | 23.90 (100%) | 16.27 (68.05%) | 13.78 (57.64%) | 12.79 (53.52%) | 12.66 (52.96%) | 6.24 (26.12%) | 7.86 (32.88%) | 6.36 (26.59%) | 4.40 (18.40%) | 5.57 (23.31%) | 4.83 (20.22%) | 4.48 (18.72%) | 2.56 (10.72%) |
| Maltodextrin DE10 | 70 | 7.49 (100%) | 8.32 (111.01%) | 7.81 (104.20%) | 7.77 (103.68%) | 7.42 (99.11%) | 7.37 (98.34%) | 7.17 (95.70%) | 6.99 (93.33%) | 7.09 (94.68%) | 6.80 (90.77%) | 6.56 (87.63%) | 6.21 (82.93%) | 5.43 (72.49%) |
| | 80 | 7.70 (100%) | 7.34 (95.33%) | 7.48 (97.23%) | 7.59 (98.62%) | 7.30 (94.91%) | 7.86 (102.07%) | 7.02 (91.24%) | 6.40 (83.14%) | 6.34 (82.37%) | 5.77 (75.02%) | 5.77 (74.90%) | 4.90 (63.66%) | 5.26 (68.32%) |
| | 90 | 6.50 (100%) | 6.65 (102.35%) | 6.63 (102.03%) | 6.34 (97.58%) | 6.04 (92.90%) | 6.00 (92.34%) | 5.10 (78.51%) | 4.44 (68.33%) | 4.17 (64.16%) | 4.17 (64.13%) | 3.82 (58.76%) | 3.17 (48.75%) | 2.98 (45.88) |
| Maltodextrin DE18 | 70 | 7.32 (100%) | 7.13 (97.28%) | 6.93 (94.66%) | 6.78 (92.35%) | 6.25 (85.35%) | 6.75 (92.13%) | 6.47 (88.28%) | 6.74 (92.04%) | 6.14 (83.85%) | 5.89 (80.44%) | 5.33 (72.79%) | 4.91 (66.99%) | 5.07 (69.26%) |
| | 80 | 7.31 (100%) | 6.54 (89.43%) | 6.32 (86.45%) | 6.20 (84.87%) | 6.23 (85.23%) | 6.26 (85.67%) | 5.91 (80.82%) | 5.72 (78.26%) | 5.73 (78.38%) | 5.34 (73.11%) | 4.88 (66.79%) | 4.67 (63.92%) | 4.49 (61.51%) |
| | 90 | 6.71 (100%) | 5.64 (84.06%) | 5.30 (78.99%) | 5.05 (75.22%) | 4.44 (66.22%) | 4.42 (65.93%) | 4.27 (63.56%) | 4.41 (65.74%) | 4.40 (65.64%) | 3.52 (52.47%) | 3.34 (49.75%) | 3.31 (49.26%) | 2.91 (43.37%) |

ตารางที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณแอนโทไซยานินของผงสีจากการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70, 80 และ 90°C เป็นเวลา 120 นาที

| ตัวอย่าง | เวลา (นาที) อุณหภูมิ (°C) | ปริมาณแอนโทไซยานิน (mg / l) | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 |
| Control | 70 | 55.11 (100%) | 54.85 (99.52%) | 54.06 (98.10%) | 52.48 (95.23%) | 52.21 (94.75%) | 50.84 (92.25%) | 49.96 (90.66%) | 48.04 (87.17%) | 46.56 (84.49%) | 45.99 (83.45%) | 43.34 (78.64%) | 41.08 (74.54%) | 40.97 (74.34%) |
| | 80 | 55.11 (100%) | 45.57 (82.70%) | 43.15 (78.30%) | 41.77 (75.79%) | 37.68 (68.37%) | 34.71 (62.98%) | 28.96 (52.55%) | 26.50 (48.08%) | 23.61 (42.83%) | 23.33 (42.33%) | 19.04 (34.54%) | 17.44 (31.64%) | 13.97 (25.35%) |
| | 90 | 56.18 (100%) | 52.98 (94.29%) | 50.68 (90.21%) | 45.99 (81.84%) | 43.15 (76.80%) | 39.54 (70.38%) | 39.19 (69.74%) | 32.06 (57.07%) | 24.28 (43.21%) | 18.85 (33.55%) | 15.94 (28.37%) | 13.31 (23.68%) | 8.60 (15.31%) |
| Maltodextrin DE10 | 70 | 12.49 (100%) | 12.04 (96.42%) | 11.90 (95.25%) | 11.30 (90.47%) | 11.25 (90.08%) | 11.13 (89.08%) | 11.11 (88.92%) | 10.83 (86.72%) | 10.70 (85.66%) | 10.45 (83.66%) | 10.45 (83.66%) | 9.17 (73.44%) | 8.44 (67.60%) |
| | 80 | 12.20 (100%) | 11.80 (96.78%) | 11.60 (95.12%) | 11.43 (93.72%) | 11.33 (92.86%) | 10.98 (89.80%) | 10.36 (84.97%) | 9.88 (81.03%) | 9.99 (81.92%) | 9.52 (78.02%) | 8.88 (72.80%) | 8.51 (69.77%) | 8.05 (65.97%) |
| | 90 | 12.49 (100%) | 11.58 (92.72%) | 11.53 (92.28%) | 11.17 (89.45%) | 10.85 (86.89%) | 10.62 (85.05%) | 9.70 (77.62%) | 9.18 (73.50%) | 9.19 (73.61%) | 9.01 (72.13%) | 8.04 (64.36%) | 6.78 (54.29%) | 6.05 (48.44%) |
| Maltodextrin DE18 | 70 | 10.97 (100%) | 10.62 (96.76%) | 10.23 (93.27%) | 9.99 (91.07%) | 9.80 (89.30%) | 9.23 (84.09%) | 8.91 (81.20%) | 8.84 (80.52%) | 8.53 (77.72%) | 8.33 (75.89%) | 7.79 (70.94%) | 7.60 (69.27%) | 7.37 (67.17%) |
| | 80 | 11.10 (100%) | 9.45 (85.16%) | 9.29 (83.74%) | 9.04 (81.48%) | 8.76 (78.95%) | 8.93 (80.48%) | 8.50 (76.62%) | 8.47 (76.29%) | 7.86 (70.83%) | 7.69 (69.31%) | 7.43 (66.99%) | 7.05 (63.50%) | 7.05 (63.56%) |
| | 90 | 10.64 (100%) | 10.16 (95.51%) | 9.41 (88.43%) | 9.46 (88.91%) | 8.96 (84.16%) | 8.58 (80.64%) | 8.57 (80.56%) | 8.40 (78.93%) | 7.94 (74.59%) | 7.47 (70.15%) | 7.74 (72.74%) | 7.24 (68.05%) | 6.48 (60.92%) |

ตารางที่ 8 ค่าครึ่งชีวิตของผงสีที่ผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C 80°C และ 90°C เป็นเวลา 120 นาที ของผงสีจากการทำแห้งแบบสุญญากาศ และการทำแห้งแบบพ่นฝอย

| ตัวอย่าง | อุณหภูมิ (°C) | ค่าครึ่งชีวิต (นาที) | |
|-------------------|---------------|-----------------------------|---------------------------|
| | | ผงสีจากการทำแห้งแบบสุญญากาศ | ผงสีจากการทำแห้งแบบพ่นฝอย |
| Control | 70 | 150.82 | 228.13 |
| | 80 | 61.12 | 73.30 |
| | 90 | 41.99 | 74.41 |
| Maltodextrin DE10 | 70 | 252.79 | 236.98 |
| | 80 | 180.86 | 184.07 |
| | 90 | 114.04 | 131.73 |
| Maltodextrin DE18 | 70 | 201.18 | 180.61 |
| | 80 | 169.19 | 167.71 |
| | 90 | 102.19 | 167.74 |

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

กระบวนการผลิตผงสีจากเปลือกมังคุดเริ่มต้นด้วยเอทานอลและนำมาระเหย โดย วิธีการระเหยเอทานอลด้วย Rotary evaporator ภายใต้สภาวะสุญญากาศร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิกสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ดี แต่ในการผลิตระดับครัวเรือนนั้นเครื่อง Rotary evaporator มีราคาแพงดังนั้นการระเหยด้วยสภาวะปกติ ร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิกจะสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้เทียบเท่ากับ การใช้เครื่อง Rotary evaporator เพียงอย่างเดียว ในการทำแห้งนั้น Maltodextrin จะช่วยรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ เพราะคุณสมบัติในการเป็น Encapsulate ซึ่งจะเกิดลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ เคลือบที่เกรนูลของสารให้สีและเมื่อนำไปให้ความร้อน Maltodextrin ที่เคลือบไว้จะทำหน้าที่ป้องกันความร้อนไม่ให้เข้าไปทำลายสารให้สีได้ง่าย Matodextrin DE 10 จะช่วยรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ดีเมื่อผ่านการอบแห้งแบบสุญญากาศ ในขณะที่ Matodextrin DE 18 จะช่วยรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ดีเมื่อผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอย ผงสีที่ได้จากการอบแห้งทั้ง 2 แบบ มีสีแดง ชมพู แตกต่างกันตรงขนาดของอนุภาคจากการสังเกตด้วยตาเปล่า มีความชื้นประมาณ 5.66-6.53 % ละลายน้ำได้ดี เมื่อนำผงสีไปละลายน้ำและให้ความร้อน 70-90 องศาเซลเซียสพบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาที่ให้ความร้อนมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินอย่างชัดเจน ผงสีจาก Maltodextrin DE 10 ที่ผลิตจากเครื่องอบแห้งสุญญากาศและเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยจะมีความคงตัวสูงที่สุด เมื่อนำผงสีทั้งสองไปให้ความร้อนระดับพาสเตอร์ไรซ์ประมาณ 90 องศาเซลเซียส พบว่า ผงสีทั้ง 2 ชนิด มีค่าครึ่งชีวิตไม่ต่ำกว่า 100 นาที หรือ 1 ชั่วโมง 40 นาที จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำผงสีที่ได้ไปใช้ต่อยอดในผลิตภัณฑ์ต่อไป

บรรณานุกรม (Bibliography)

เกียรติศักดิ์ ดวงมาลัย.การสกัดแอนโทไซยานินส์จากดอกอัญชัน. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย .จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2535.

ทิพวดี จิตพิศุทธิ์ , วิษุฒิศา จันทราพรชัย , วิชัย หฤทัยธนาสันต์ และ สุนันรัตน์ ชื่นพุฒิ . การเตรียมและ

สมบัติด้านความคงตัวของผงสีแอนโทไซยานินจากเมล็ดถั่วดำ. ใน : การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาส่งเสริมการเกษตรและคหกรรมศาสตร์ สาขาอุตสาหกรรมเกษตร; 2550 หน้า 554-561

อรุษา เขาวนลิขิต และ อรัญญา มิ่งเมือง.ปริมาณแอนโทไซยานินและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของ

มังคุดและน้ำมังคุด ปี 2550. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ; 23(1) : 68-78

Anandaraman, S and Reineccius, G.A. 1986. Stability of encapsulated orange peel oil. *Food Technology*. 40:88-94.

Bangs, W.E. and Reineccius G.A., 1981. Influence of dryer infeed matrices on the retention of volatile flavour compounds during spray drying, *Journal of Food Science* . 47, 254– 259.

Bohm, V., Kuhnert, S., Rohm H & Scholze, G. 2006. Improving the Nutrition Quality of microwave-Vacuum Dried Strawberries: A Preliminary Study. *Food Science and Technology International*. 12: 67.

Cai, Y.Z. and Corke, H. 2000. Production and properties of spray-dried amaranthus betacyanin pigments. *Journal of Food Science*. 65: 1248-1252.

Cevallos-Casals , B.A. and Cisneros-Zevallos, L. 2004. Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. *Food Chemistry*. 86:69-77.

Chandra, A., Nair, M. G. & Iezzoni, A. F. 1993. Isolation and stabilization of anthocyanins from tart cherries (*Prunus cerasus* L.). *J. Agric. Food Chem.*, 41, 1062.

Desorby, S.A., Netto, F.M. and Labuza, T.P. Comparison of spray-drying, drum-drying and freeze-drying for beta carotene encapsulation and preservation. *Journal of Food Science*. 62:1159-1162.

Duangmal, K., Saicheua, B. & Sueprasarn, S., 2004. Roselle anthocyanins as a natural food colorant and improvement of its colour stability. In Proceeding of AIC 2004 (Color and Paints) International Interim Meeting in Porto Alegre, Brazil, 3-5 November 2004.

Ersus, S. & Yurdage, U. 2007. Microencapsulation of Anthocyanin Pigment of Black Carrot (*Daucus carota* L.) by Spray Dryer. *Journal of Food Engineering*. 80: 805-812.

- Giusti, M.M. & Wrolstad, R.E. 2001. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, F1.2.1-F.1.2.13. [Online]. Available: <http://www.does.org/masterli/facsample.htm>. Retrieved 30 August 2007.
- Kirca, A., Ozkan, M. and Cemeroglu, B. 2007. Effects of Temperature, Solid Content and pH on the Stability of Black Carrot Anthocyanins. *Food Chemistry*. 101: 212-218.
- Krishnan, S., Bhosale R. & Singhal S R. 2005. Microencapsulation of Cardamom Oleoresin: Evaluation of Blends of Gum Arabic, Maltodextrin and a Modified Starch as Wall Materials. *Carbohydrate Polymers*, 61: 95–102.
- Kwork, B.H.L., Hu, C., Durance, T. & Kitts, P.D. 2004. Dehydration Techniques Affect Phytochemical Content and Free radical Scavenging Activities of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt). *Journal of Food Science*. 69: 3.
- Lohanchoompol, V., Srzednicki, G. & Craske, J. 2004. The Change of Total Anthocyanin in Blueberries and Their Antioxidant Effect After Drying and Freezing. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 5: 248-252.
- Majchrzak, D., Mitter, S., and Elmadfa, I. 2004. The effect of ascorbic acid on total antioxidant activity of black and green teas. *Food Chemistry*. 88:447-451.
- Markakis, P. 1974. Anthocyanins and Their Stability in Foods. *CRC Critical Reviews in Food Technology*. 437-456.
- McCann, D., Barrett, A., Cooper, A., Crumpler, D., Dalen, L., Grimshaw, K., Kitchin, E., Lok, K., Porteous, L., Prince, E., Sonuga-Barke, E., Warner, J.O., Stevenson, J. 2007. Food additives and hyperactive behaviour in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomised, double-blinded, placebo-controlled trial. *The Lancet*. 370: 1560-1567
- Rodríguez-Hernández, R. González-García, A. Grajales-Lagunes, M.A. Ruiz-Cabrera and M. Abud-Archilla, 2005. Spray-drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. *Drying Technology*, 23 . 955–973.
- Seeram, N.P., Bourquin, L.D., Nair, M. G. 2001. Degradation products of cyanidin glycosides from tart cherries and their bioactivities. *Journal of agricultural and food chemistry*. 49: 4924-4929.
- Shahidi, F. and Han, X.-Q. 1993. Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 33: 501-547.
- Wagner, L.A. and Warthesen, J. 1995. Stability of spray-dried encapsulated carrot carotenes. *Journal of Food Science*. 60: 1048-1053.

Westing, L.L., Reineccius, G.A. and Capor, F. 1988. Shelf life of orange oil effects of encapsulation by spray-drying, extrusion, and molecular inclusion, pp. 110-121. In Risch, S.J. and Reineccius, G.A., eds. *Flavor Encapsulation*. American Chemistry Society, Washington, D.C.



ประวัติย่อผู้วิจัย (Vita)

หัวหน้าโครงการวิจัย

- ชื่อ - สกุล (ภาษาไทย) นางสาว อรุษา เชาวนลิจิต
(ภาษาอังกฤษ) Miss Arusa Chaovanalikit
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3100904914970
- ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 7
- หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
โทรศัพท์ 02-649-5000 ต่อ 8304 โทรสาร 02-649-5000 ต่อ 8304
E-mail: arusa@swu.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

| ปีที่จบการศึกษา | ระดับปริญญา | อักษรย่อปริญญา | สาขา | ชื่อสถาบัน | ประเทศ |
|-----------------|-------------|----------------|----------------------------------|----------------------------|--------------|
| 2538 | ตรี | วท.บ. | วิทย์-อาหารและโภชนาการ | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ | ไทย |
| 2542 | โท | M.S. | Food Science and human nutrition | University of Maine | สหรัฐอเมริกา |
| 2546 | เอก | Ph.D | Food Science | Oregon State University | สหรัฐอเมริกา |

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ

การวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอลิกโดยใช้เครื่อง High performance liquid chromatography with photodiode array และผลกระทบจากกระบวนการผลิตต่อสาร Polyphenolic

7. งานวิจัยภายนอกประเทศ

- วิจัยวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทเรื่อง Anthocyanin Stability During Extrusion Cooking โดยมี Prof. Mary Ellen Camire เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
- วิจัยวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกเรื่อง Cherry Phytochemicals โดยมี Prof. Ronald E Wrolstad เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

3. นักวิจัยหลักในโครงการวิจัยเรื่อง Characterization and Quantification of anthocyanins and phenolics in Oregon blue honeysuckles (*Lonicera caerulea*) โดยมี Prof. Ronald E Wrolstad เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย
4. หัวหน้าโครงการฝึกอบรมเรื่องการวิเคราะห์ส่วนประกอบของสารโพลีฟีนอลิกในเชิงคุณภาพของผลไม้เขตร้อนชื้นและของเหลือจากอุตสาหกรรม ณ ประเทศเยอรมนี ระหว่างวันที่ 25 เมษายน – 15 พฤษภาคม 2547 ทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติภายใต้โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติของไทยเพื่อสุขภาพและความงาม ปีงบประมาณ 2547

งานวิจัยภายในประเทศ

1. หัวหน้าโครงการย่อย ในโครงการการสร้างผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากมังคุด ทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2548 (งบประมาณสนับสนุน จำนวน 325,000 บาท)
 2. ผู้ร่วมโครงการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากมังคุดและผลกระทบจากการแปรรูปต่อสารสำคัญของมังคุด ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2549 (งบประมาณสนับสนุน จำนวน 358,220 บาท)
 3. ผู้ร่วมโครงการการแยกสารจากว่านชักมดลูกและว่านชักมดลูกสายพันธุ์ที่มีพิษเพื่อการประเมินทางชีวภาพและสารวิเคราะห์สารสำคัญในสารสกัด ประจำปี 2549 (งบประมาณสนับสนุน จำนวน 480,000 บาท)
 4. หัวหน้าโครงการการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารจากมังคุดและผลกระทบจากการแปรรูปต่อสารสำคัญของมังคุด ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2550 (งบประมาณสนับสนุน จำนวน 420,000 บาท)
 5. ผู้ร่วมโครงการการสกัดเพกตินจากเปลือกมังคุดเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2550 (งบประมาณสนับสนุน จำนวน 401,000 บาท)
 6. ผู้ร่วมโครงการการสกัดแยกและหาสูตรโครงสร้างสารจากว่านชักมดลูกเพื่อการประเมินฤทธิ์ทางชีวภาพและการวิเคราะห์สารสกัดว่านชักมดลูก ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2550 (งบประมาณสนับสนุน จำนวน 500,000 บาท)
- ผู้ร่วมโครงการการศึกษาสาร โพลีฟีนอลิกในมังคุดระยะต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบกับผลไม้ชนิดอื่น ๆ ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมพัฒนา

การแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก ประจำปี 2551 (งบประมาณสนับสนุน จำนวน 400,000 บาท)

7. หัวหน้าโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากมังคุดเพื่อใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ ทุนสนับสนุนสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ประจำปี 2551 (งบประมาณสนับสนุน จำนวน 320,500 บาท)

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. ชื่อ - สกุล (ภาษาไทย) นางสาว ชีรารัตน์ อธิธิโสภณกุล
(ภาษาอังกฤษ) Miss Teerarat Itthisoponkul
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3200200159227
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 6
4. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ E-mail
คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10110
โทรศัพท์ 02-649-5000 ต่อ 8304 โทรสาร 02-649-5000 ต่อ 8304
E-mail: teerarat@swu.ac.th

| ระดับปริญญา | อักษรย่อปริญญา | สาขา | ชื่อสถาบัน | ประเทศ |
|-------------|----------------|------------------------|---------------------------------------|--------|
| ตรี | วท.บ. | วิทย์-อาหารและโภชนาการ | มหาวิทยาลัยบูรพา | ไทย |
| โท | วท.ม. | เทคโนโลยีชีวเคมี | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี | ไทย |
| เอก | Ph.D | Food Science | The University of Nottingham | UK |

5. ประสบการณ์งานวิจัย

- หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การใช้ไอโซมอลทูลอสในผลิตภัณฑ์คุกกี้” โดยได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจาก IRPUS ปี 2552
- หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง “การดูดซับน้ำมันในอาหารทอดของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ” โดยได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากบริษัท ปี 2547

- ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง “Salt reduction in bread” โดยเป็นความร่วมมือกับคณะผู้วิจัยจาก Division of Food Sciences, The University of Nottingham, UK
- ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง “Phase separation of xanthan with other hydrocolloids” โดยเป็นความร่วมมือกับคณะผู้วิจัยจาก Division of Food Sciences, The University of Nottingham, UK
- ผู้ร่วมโครงการวิจัยเรื่อง “Xanthan characterization by capillary electrophoresis” โดยเป็นความร่วมมือกับคณะผู้วิจัยจาก Division of Food Sciences, The University of Nottingham, UK

6. การเสนอผลงานและผลงานตีพิมพ์

- Itthisoponkul, T., Krisanangkoon, K, and Jeyachoke, N. **The Kinetic Study of Rice Bran Lipase-Catalysed Hydrolysis of Food Oil.** *The 26th Congress on Science and Technology of Thailand*, 18th-20th October 2000. Bangkok, Thailand.
- Itthisoponkul, T., Mitchell, J.R., Taylor, A.J. and Imad Farhat. **Inclusion Complexes of Tapioca Starch with Flavour Substances.** *13th World Congress of Food Science and Technology*, 17th-21th September 2006. Nantes, France.
- Itthisoponkul, T., Mitchell, J.R., Taylor, A.J. **Properties and Structure of Amylose-Flavour Complexes Formed by Different Preparation Methods.** *Starch 2008: 4th International Meeting on Starch Structure and Functionality*, 17th-19th March 2008. Nottingham, UK.
- Mak, C., Itthisoponkul, T., Benson, T., MacNaughtan, B and Hill, S. **Salt in Bread and Cereal Product.** *13th ICC Cereal and Bread Congress*, 15th-18th June 2008. Madrid, Spain.
- Itthisoponkul, T., Mitchell, J.R., Taylor, A.J. **Effect of Linalool Encapsulation by Spray Drying and Amylose Molecular Inclusion on Shelf Life Stability.** *IFT 2008: Annual Meeting & Food Expo*, 28th June -1st July 2008. New Orleans, USA.
- Itthisoponkul, T., Mitchell, J.R., Taylor, A.J. and Imad Farhat (2007) **Inclusion Complexes of Tapioca Starch with Flavour Substances.** *Carbohydrate Polymer*, 69(1), 106-115.