การห่อหุ้มสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดจากเมล็ดมะม่วงแบบสุก

Encapsulation of antioxidant from Ripe Mango seeds

ศุภนันท์ วงศ์คงขำ

โศทชา แก้ววณิชชากร

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การห่อหุ้มสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดจากเมล็ดมะม่วงแบบสุก
Encapsulation of antioxidant from Ripe Mango seeds

จัดทำโดย

ศุภนันท์ วงศ์คงขำ รหัสนักศึกษา 58080207
โศทชา แก้ววณิชชากร รหัสนักศึกษา 58080208

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

....

14 / มิ.ย. / 62

(รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

หัวข้อปัญหาพิเศษ การห่อหุ้มสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดจากเมล็ดมะม่วงแบบสุก

ชื่อนักศึกษา ศุภนันท์ วงศ์คงขำ รหัสนักศึกษา 58080207
โศทชา แก้ววณิชชากร รหัสนักศึกษา 58080208

หลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

พ.ศ. 2562

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการห่อหุ้มสารสกัดจากเมล็ดมะม่วงแบบสุก โดยใช้เทคนิค Encapsulation ด้วยวิธี Extrusion ในการนำสารสกัดมาผสมกับโซเดียมอัลจิเนตอัตราส่วน 1:10 g สารสกัด/mL สารละลาย และห่อหุ้มด้วยแคลเซียมแลคเตท ศึกษาระยะเวลาที่ห่อหุ้มสารสกัดที่แตกต่างกัน สารสกัดที่นำมาทำการEncapsulation จะสกัดโดยเอทานอล95% ที่อัตราส่วน 1:2 1:3 และ1:4 g ตัวอย่าง/mLสารละลาย โดยมีการเลือกสารสกัดที่ดีที่สุด คือ การตรวจสอบปริมาณฟีนอลิกรวม, การตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระ รวมถึงมีการตรวจสอบคุณภาพหลังทำการห่อหุ้มสารสกัด คือ การตรวจสอบปริมาณฟีนอกลิกรวม, การตรวจสอบสารต้านอนุมูลอิสระ และการตรวจสอบการคงตัวของเม็ดบีทส์ในน้ำผลไม้และเพียวเร่ด้วยอุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน สำหรับผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า เมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยเอทานอล 95% ที่อัตราส่วน 1:4 gตัวอย่าง/mL สารละลาย มีปริมาณฟีนอลิกรวมและสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด หลังทั้งการ Encapsulation ที่เวลา 5 และ 10 นาที ปริมาณฟีนอลิกรวมและสารต้านอนุมูลอิสระได้เกิดการสูญเสียไป โดยผลไปในทิศทางเดียวกัน คือ ที่เวลา 10 นาที สามารถห่อหุ้มสารสกัดได้มากกว่าที่เวลา 5 นาที ส่วนการตรวจสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์พบว่า ที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียส เวลา 10 และ 20 นาที เม็ดบีทส์ยังคงสภาพลักษณะภายนอกดังเดิม แต่ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ในเพียวเร่พบว่า เม็ดบีทส์มีลักษณะผิวที่นิ่มขึ้นเมื่อทำการกดบีบ

คำสำคัญ : เมล็ดมะม่วง, การห่อหุ้มสารสกัด , ปริมาณฟีนอลิกรวม, ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ, การทนความร้อน

Special problem title Encapsulation of antioxidant from ripe Mango seeds

Student name Suphanun Wongkongkham Student ID 58080207

Sothacha Keawwanitchakorn Student ID 58080208

Program Bachelor of Science in Food process engineering

Year 2019

Advisor Assoc.Prof.Dr.Ruchira Taprap

ABSTRACT

This research has studied the encapsulation of antioxidants in mango seed by extrusion method to mix extract with sodium alginate at 1:10 ratio (g extract : ml solution) and entrap with calcium lactate at several time. The mango seed was extracted by 95% ethanol at 1:2, 1:3 and 1:4 ratio (g sample : ml solution) and selected the best ratio's solution by analysis total phenolic content, antioxidants capacity include encapsulation efficacy's analysis by analysis total phenolic content, antioxidants capacity and stability of beads in juice and puree at difference temperature and time. For all experimental results, Mango seeds extracted with 95% ethanol at a ratio of 1: 4 (g sample / ml solution) contains the most total phenolic content and antioxidants. After encapsulation at 5 and 10 minutes, from the loss of total phenolic content and antioxidants capacity graph shows the result in same direction, Encapsulated extract at 10 minute have a better encapsulation efficacy than 5 minute. The stability test at 60 and 80 °c , 10 and 20 minute, beads is still in shape but in puree at 80 °c , 20 minute beads is soft when pressing.

Keywords: Mango seed, Encapsulation, total phenolic content, antioxidant capacity, The stability in heat.

กิตติกรรมประกาศ

งานปัญหาพิเศษเรื่องการการห่อหุ้มสารต้านอนุมูลอิสระที่สกัดจากเมล็ดมะม่วงแก้วขมิ้นแบบสุก ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและการค้นคว้าเพิ่มเติมในการทำงานวิจัยนี้จากการสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ และ ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำและการตรวจทานในการดำเนินการวิจัย รวมถึงรุ่นน้องและเพื่อนๆที่คอยช่วยในการทำการทดลองจนทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสิ้นด้วยดี

ในโอกาสนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณทุกๆท่าน ที่มีส่วนช่วยในการทำให้งานปัญหาพิเศษนี้ผ่านไปได้ด้วยดี หากมีข้อผิดพลาดประการใดที่เกิดขึ้นในงานปัญหาพิเศษเล่มนี้ ข้าพเจ้าขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ศุภนันท์ วงศ์คงขำ
โศทชา แก้ววณิชชากร
30 พฤษภาคม 2562

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

- 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
- 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
- 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 3

- 2.1 มะม่วง 3
- 2.2 เอนแคปซูเลชัน(Encapsulation) 3
- 2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ 4
- 2.4 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 7

- 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี 7
- 3.2 อุปกรณ์ 8
- 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 8

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง 13

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method 13

4.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS 19

4.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 25

4.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอริก 31

4.5 การทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ในน้ำผลไม้และเพียวเร่ 38

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 42

บรรณานุกรม 43

ภาคผนวก 44

ภาคผนวก ก 45

ภาคผนวก ข 46

ประวัติผู้เขียน 48

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรรวมที่วัดได้	13
4.2	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการสกัดที่ได้	14
4.3	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการEncapsulationที่ได้	15
4.4	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS	19
4.5	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการสกัดที่ได้	20
4.6	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการEncapsulationที่ได้	20
4.7	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่วัดได้	25
4.8	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการสกัดที่ได้	26
4.9	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการEncapsulationที่ได้	27
4.10	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่วัดได้	32
4.11	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการสกัดที่ได้	33
4.12	แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการEncapsulationที่ได้	33

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอลิกรวมระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม 14

4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอกลิกที่สกัดที่อัตราส่วนต่างๆ ในหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมตัวอย่าง 17

4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอกลิกที่สกัดที่อัตราส่วน 1 : 4 กับเม็ดบีทส์ที่เวลาต่างๆ ในหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมตัวอย่าง 18

4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ ABTS กับปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม 19

4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS ที่สกัดที่อัตราส่วนต่างๆในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง 23

4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS ที่สกัดที่อัตราส่วน 1 : 4 กับเม็ดบีทส์ที่เวลาต่างๆ ในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง 24

4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ DPPH กับปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม 26

4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่สกัดที่อัตราส่วนต่างๆในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง 29

4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่สกัดที่อัตราส่วน 1 : 4 กับเม็ดบีทส์ที่เวลาต่างๆ ในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง 31

4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงและปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม 32

4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่สกัดที่อัตราส่วนต่างๆในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง 36

4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความสามารถในการรีดิวซ์ที่สกัดที่อัตราส่วน 1 : 4 กับเม็ดบีทส์ที่เวลาต่างๆ ในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง 37

4.13 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 5นาที ที่แช่เป็นเวลา 10 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส 38

4.14 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 5นาที ที่แช่เป็นเวลา 20 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส 38

4.15 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 10นาที ที่แช่เป็นเวลา 10 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส 39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.16 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 10 นาที ที่แช่เป็นเวลา 20 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส 39

4.17 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 5 นาที ที่แช่เป็นเวลา 10 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส 40

4.18 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 5นาที ที่แช่เป็นเวลา 20 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส 40

4.19 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 10 นาที ที่แช่เป็นเวลา 10 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส 41

4.20 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 10 นาที ที่แช่เป็นเวลา 20 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส 41

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะม่วงจัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจ และเป็นผลไม้ที่สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย พันธุ์ของมะม่วงที่นำมาศึกษาได้แก่มะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้น มะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นเป็นมะม่วงจากประเทศกัมพูชา มะม่วงแก้วขมิ้น มีลักษณะคล้ายมะม่วงแก้วของไทย แต่ลูกใหญ่กว่า เนื้อในมีสีเหลืองขมิ้นเหมือนมะม่วงขายตึก มีลักษณะเด่นคือ รับประทานได้อร่อยทั้งผลดิบและสุก เนื้อแน่นละเอียด มีสีเหลืองคล้ายขมิ้น เนื้อกรอบมัน รสหวานปนเปรี้ยว ผลดิบนิยมรับประทานกับน้ำปลาหวาน หรือปรุงเป็นเมนูยำมะม่วง ส้มตำมะม่วง ฯลฯ นอกจากนี้ มะม่วงแก้วขมิ้นผลแก่ สามารถบ่มให้สุก จะได้รสชาติหวานอร่อย ทำให้มะม่วงพันธุ์นี้เป็นที่ยอมรับของคนไทยอย่างกว้างขวาง ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยปกติแล้วผู้บริโภคมักจะรับประทานเฉพาะส่วนเนื้อ ส่วนเมล็ดและส่วนเปลือกจะถูกทิ้งให้เน่าเสีย เป็นการสร้างมลพิษให้แก่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นเพื่อลดปัญหาจึงนำเมล็ดของมะม่วงมาพัฒนาแปรรูปเพื่อสร้างรายได้ และเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ จากงานวิจัยมากมายพบว่าสารสกัดจากเนื้อภายในของเมล็ดมะม่วง (mango seed kernel extract) เป็นแหล่งของ สารประกอบฟีนอลิกที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน แต่สารสกัดเหล่านี้ไม่คงตัวต่อสภาวะแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็น แสง อุณหภูมิ กระบวนการจัดเก็บต่างๆ จึงใช้เทคโนโลยีเอนแคปซูเลชันที่จะสามารถช่วยแก้ปัญหาได้

จากรายงานการเติบโตของจำนวนประชากร พบว่าประชากรโลกมีแนวโน้มที่จะอายุยืนนานขึ้น (UN, 2009; US Census Bureau, 2011; WHO, 2011; AoA, 2011) ดังนั้นปัญหาสุขภาพก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนหนึ่งของปัญหามาจากการบริโภคอาหาร ดังนั้นในปัจจุบันผู้บริโภคจึงให้ความสำคัญกับการเลือกบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งเห็นได้จากแนวโน้มการขยายตลาดของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพต่างๆ ซึ่งมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2552) แต่ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศ และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความอุดมสมบูรณ์ของพืชพรรณต่างๆ ที่มีสมบัติเป็นสารออกฤทธิ์ ไม่ว่าจะเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์ในการชะลอการเสื่อมวัย ป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือด เป็นต้น (Yang and Wang, 1993; Frankel, 1999; Ozaki et al., 2000; Chung et al., 2003; Manach et al., 2005; Ericsli and Orhanl, 2007) จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการนำสารออกฤทธิ์จากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตรในประเทศและเป็นการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ

ปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสารสกัดหยาบที่ได้จากพืชและมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระค่อนข้างมาก และยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับสารสกัดหยาบจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง (mango seed kernel extract; MSKE) ที่พบว่าสารสกัดดังกล่าวมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนส ที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Puravankara et al., 2000; Abdalla et al., 2007; Maisuthisakul and Gordon, 2009) ทั้งนี้ในงานวิจัยเกี่ยวกับการ สกัดสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วงมักศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพและการสกัดสารสกัดเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด แต่งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาหรือการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ เพื่อให้การนำสารสกัดหยาบไปใช้ได้ง่ายขึ้นยังมีน้อย (Maisuthisakul and Harnsilawat, 2010; Wanthong et al., 2011) เนื่องจากสารสกัดเหล่านี้ไม่คงตัวต่อสภาวะแวดล้อม

ดังนั้นงานวิจัยนี้ทำการศึกษาปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีการสกัดจากเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้น ที่ใช้ระบบเอ็กซ์ทรูชัน เป็นระบบการห่อหุ้มสารหรือที่เรียกว่ากระบวนการเอ็นแคปซูเลชัน โดยการผสมสารสกัดกับสารโซเดียมอัลจิเนต แล้วทำการดักจับกับสารแคลเซียมแลคเตท จากนั้นจึงศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และผลความคงตัวหลักทำการห่อหุ้มของสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อทำการศึกษาสารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระภายในเมล็ดมะม่วงแบบสุก

1.2.2 เพื่อทำการศึกษาการห่อหุ้มสารสกัดด้วยวิธีการEncapsulation และศึกษาคุณประโยชน์ของเม็ดบีทส์ที่ได้จากการEncapsulation

1.2.3 ทำการศึกษาความคงตัวของเม็ดบีทส์ที่เกิดจากการEncapsulation ภายในน้ำผลไม้และเพียวเร่ที่อุณหภูมิสูง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 สามารถวิเคราะห์คุณประโยชน์ของเมล็ดมะม่วงหลังทำการสกัด

1.3.2 สามารถนำวิธีการEncapsulationไปประยุกต์ใช้กับการเก็บรักษาคุณภาพผัก ผลไม้และอาหารต่างๆ

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วง

มะม่วงจัดเป็นไม้ยืนต้นที่มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย มะม่วงจัดเป็นผลไม้เศรษฐกินส่งออกอันดับ 3 ของโลก อินเดีย โดยมะม่วงมีความแตกต่างประมาณ 49 สายพันธุ์ ซึ่งกระจายอยู่ตามประเทศในเขตร้อนตั้งแต่อินเดียไปจนถึงฟิลิปปินส์ จากนั้นจึงแพร่หลายไปทั่วโลก สำหรับพันมะม่วงที่แพร่หลายมากที่สุด ได้แก่ เขียวเสวย แรด น้ำดอกไม้ อกร่อง ฟ้าลั่น แก้วขมิ้น เป็นต้น ลักษณะผลมีรูปทรงรี เปลือกสีเขียว เนื้อผลตอนดิบจะกรอบ และเมื่อสุกจะนิ่มและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งเปลือกและเนื้อ โดยจะมีรสชาติที่หวานขึ้น

มะม่วงเป็นผลไม้ที่คุณประโยชน์สูง โดยสามารถนำมาแปรรูปรับประทานได้ทั้งต้น ผลมะม่วงมีวิตามินเอ และซีสูง ช่วยต้านอนุมูลอิสระ บำรุงผิวพรรณ และรักษาสายตา ช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคมะเร็งต่างๆ แก้อาการวิงเวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาการร้อนใน ใบมะม่วงที่นำมาต้มช่วยรักษาเยียวยาโรคเบาหวาน แก้ซางตานขโมยในเด็ก แก้อาการลำไส้อักเสบ แก้อาการท้องอืด เป็นยาสมานแผลสด เปลือกของผลมะม่วงนำมาคั่วช่วยรักษาอาการปวดประจำเดือน เปลือกจากลำต้นเมื่อนำมาต้มช่วยแก้ไข้ตัวร้อน เมล็ดของมะม่วงสุกนำมาบดเป็นผงช่วยในการขับพยาธิ มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง จะเห็นได้ว่าทุกส่วนของมะม่วงนัดมีคุณประโยชน์สูงมาก โดยมะม่วงสามารถนำมารับประทานเป็นผลไม้สดทั้งดิบและสุก หรือมีการไปทำเป็นอาหารว่างต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น มะม่วงกวน มะม่วงแก้ว มะม่วงแช่อิ่ม มะม่วงน้ำปลาหวาน ข้าวเหนียวมะม่วง พายมะม่วง และนำไปใช้ประกอบอาหาร

2.2 เอนแคปซูเลชัน (Encapsulation)

เอนแคปซูเลชันเป็นกระบวนการที่สารเพียงหนึ่งชนิดหรือหลายชนิดถูกห่อหุ้มด้วยสารอีกชนิดหนึ่ง สารที่ถูกห่อหุ้ม เรียกว่า core material หรือ encapsulant ซึ่งอาจเป็นอนุภาคของแข็ง, ของเหลว หรือก๊าซ ส่วนสารที่เป็นตัวห่อหุ้มจะเรียกว่า wall material หรือ carrier material สารที่ถูกห่อหุ้มอาจเป็นสารออกฤทธิ์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงเมื่อสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น การสลายตัวของ วิตามินเมื่อโดนความร้อน สารที่เป็นตัวห่อหุ้มจะเป็นตัวปกป้องสารออกฤทธิ์จากสภาพดังกล่าว ทำให้ ชะลอการเสื่อมเสียหรือการเปลี่ยนแปลงของสาร นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมการปลดปล่อยสารได้ สารที่ใช้เป็นตัวห่อหุ้มมีหลายชนิด เช่น แป้งดัดแปร, มอลโตเดกซ์ตริน, corn syrup solids, กัมอะคาเซีย และไซโคลเดกซ์ทริน เป็นต้น โดยสารเหล่านี้มีสมบัติที่ละลายได้ง่าย มีความหนืดต่ำ และเป็นสารที่มีความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ได้

การเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสสามารถทำได้หลายวิธี วิธีการที่ใช้อย่างแพร่หลายในระดับอุตสาหกรรมได้แก่ เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย(spray drying) และเอ็กซ์ทรูชัน (extrusion) (Beristain et al., 1996; Goubet et al., 1998) นอกจากนี้ยังสามารถใช้เทคนิคอื่นๆเช่น สเปรย์ชิลลิงและคูลลิง (spray chilling and cooling), coacervation, การเคลือบโดยใช้เทคนิคฟูลอิดไดส์เบด (fluidized bed coating), การใช้ไลโปโซมในการหุ้ม (liposome entrapment), inclusion complexation และ เทคนิคการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying)

เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying technique) ขั้นตอนการเอนแคปซูเลทโดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอยประกอบไปด้วย การนำตัวกลางที่ใช้ในการเคลือบ (carrier หรือ wall material) หรือ ส่วนผสมของสารต่างๆมาละลายน้ำ จากนั้นนำสารที่ต้องการนำมาเอนแคปซูเลทมาผสมกับสารละลายของตัวกลางที่ใช้ในการเคลือบ (carrier solution) โดยทั่วไปอัตราส่วนของสารเคลือบและสารแกนกลางจะอยู่ในช่วง 4:1 นำส่วนผสมที่ได้ไปผ่านกระบวนการโฮโมจิไนซ์ (homogenize) เพื่อให้เกิดหยดของสารที่ต้องการ

เทคนิคฟลูอิดไดส์เบด (Fluidized bed coating) เทคนิคนี้เป็นการเคลือบผิวอนุภาคของแข็ง โดยอนุภาคที่ต้องการเคลือบผิวจะเคลื่อนที่ไปพร้อมกับกระแสอากาศที่เคลื่อนที่หมุนเวียนอยู่ภายในห้องอบแห้งด้วย ความเร็วสูง ในขณะเดียวกันตัวกลางที่ใช้ในการเคลือบจะถูกฟีดผ่านหัวฉีดและพ่นเป็นละอองฝอยไปยังกระแสของอนุภาค และเกาะอยู่ที่ผิวของอนุภาคความหนาของสารเคลือบผิวสามารถควบคุมได้โดยควบคุมระยะเวลาที่อนุภาคเคลื่อนที่ยู่ภายในห้องอบแห้ง

เอกซ์ทรูชัน(Extrusion) จัดเป็นกระบวนการเอนแคปซูเลชันอย่างแท้จริง โดยสารแกนกลางจะถูกล้อมรอบด้วยตัวกลางที่ใช้เคลือบอย่างสมบูรณ์ เมื่อสัมผัสกับของเหลว ตัวกลางที่ใช้ในการเคลือบผิวจะเกิดการแข็งตัว ทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นโครงสร้างที่แนนอยู่ภายในเป็นการเอนแคปซูเลชันอย่างสมบูรณ์

เทคนิคการอบแห้งแบบแช่เยือกแข็ง(Freeze drying) จะเกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการแช่เยือกแข็งโดยขณะที่น้ำในสารละลายเปลี่ยนสถานะเป็นผลึกน้ำแข็ง สารละลายในส่วนที่น้ำยังไม่แข็งตัว จะมีความหนืดเพิ่มขึ้นซึ่งจะช่วยชะลอการแพร่ของสาร เมื่อปริมาณผลึกน้ำแข็งเพิ่มมากขึ้นสารละลายจะอยู่ในสภาวะอิ่มตัวยิ่งยวดและเริ่มตกผลึกจับตัวกันผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูป amorphous solid (Karel & Langer, 1988)

2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ หรือ อนุมูลเสรี (free radical) หมายถึง อะตอมหรือโมเลกุล ที่มีอิเล็กตรอนไม่เป็นคู่ (unpaired electron) อย่างน้อย 1 ตัวโคจรรอบวงนอกสุด อนุมูลอิสระเกิดขึ้นได้เมื่อพันธะระหว่างอะตอมแตกออก ทำให้อนุมูลอิสระไม่เสถียรและไวต่อการเกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว จึงทำปฏิกิริยากับโมเลกุลที่อยู่รอบๆ โดยดึงหรือให้อิเล็กตรอนโมเลกุลข้างเคียงเพื่อให้ตัวมันเสถียร โมเลกุลข้างเคียงที่สูญเสียหรือรับอิเล็กตรอนจะกลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ที่ไม่เสถียรและเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไปเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) อนุมูลอิสระจึงเป็นสารพิษต่อเซลล์ของร่างกาย ถ้ามีมากก็เป็นอันตรายได้โดยจะทำลาย ดีเอนเอ เยื่อหุ้มเซลล์และอื่นๆในระยะสั้นอนุมูลอิสระ มีผลต่อการอักเสบ และการทำลายเนื้อเยื่อ ในระยะ ยาวมีผลต่อความเสื่อมหรือการแก่ของเซลล์ ปัจจุบัน ผลการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศพบว่า อนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคเรื้อรัง ชนิดไม่ติดต่อหลายชนิด โดยเฉพาะโรคมะเร็ง ซึ่งเป็นสาเหตุแห่งการเสียชีวิตอันดับต้นๆ

ของ คนไทยและคนทั่วโลก อนุมูลอิสระถูกสร้างขึ้น มาทั้งจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกายเอง และในภาวะที่ผิดปกติเช่น ภาวะของโรคหรือภาวะ ที่ร่างกายแวดล้อมด้วยมลพิษโดยในภาวะที่ผิดปกติ จะส่งผลให้ร่างกายเกิดการสะสมของอนุมูลอิสระเพิ่ม มากขึ้น ดังนั้นจำเป็นที่ร่างกายต้องหาทางป้องกัน การโดนทำลายจากอนุมูลอิสระเหล่านั้น

สิ่งที่ร่างกาย สร้างขึ้นเพื่อปกป้องตัวเอง ก็คือระบบแอนตีออกซิแดนท์ซึ่งประกอบไปด้วยสารหรือเอนไซม์ต่างๆ ที่มีความ เข้มข้นต่ำๆ ก็สามารถจะชะลอหรือป้องกันปฏิกิริยา ออกซิเดชันของสาร (substrate) ที่ไวต่อการเกิด ปฏิกิริยา โดยสารเหล่านี้จะรวมถึงสารเกือบทุกชนิด ในร่างกาย เช่น โปรตีน ไขมันคาร์โบไฮเดรตดีเอ็นเอ แต่อย่างไรก็ตามมีบางภาวะที่ปริมาณอนุมูลอิสระ มีมากเกินกว่าที่ระบบแอนตีออกซิแดนท์จะจัดการ ได้จะเกิดภาวะที่เรียกว่า oxidative stress ขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่างๆ ต่อเซลล์สิ่งมีชีวิตเช่น การทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของดีเอ็นเอ โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและเกิดการทำลายของกลุ่ม โมเลกุลที่มีพันธะ S-H และเยื่อหุ้มเซลล์ ก่อให้เกิด ผลเสียต่อเซลล์และการทำลายเซลล์ซึ่งเป็นสาเหตุ ของการแก่ (aging) และรุนแรงไปถึงการเกิดเป็น โรคภัยไข้เจ็บต่างๆ เช่นเส้นเลือดตีบโรคเกี่ยวกับ ชราภาพภูมิคุ้มกัน (autoimmune disease) โรคที่เกิดจากการที่เลือดกลับไปเลี้ยงอวัยวะที่เคยมีการตีบตันของเส้นเลือดในระยะสั้นๆ มาก่อน รวมไป ถึงโรคมะเร็งเป็นต้น

สารต้านอนุมูลอิสระ คือสารที่จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้พวกอนุมูลอิสระก่อตัวขึ้น โดยจะทำการ ยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระ และหยุดการก่อตัวใหม่ของอนุมูลอิสระ ช่วยซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากตัวอนุมูลอิสระที่ไปทำลายเซลล์ต่างๆ ในร่างกายรวมทั้งช่วยกำจัดและแทนที่โมเลกุลที่ถูกทำลาย

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารที่พบได้ในพืช ซึ่งปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกในอาหารและเครื่องดื่มที่มา จากพืชผักและผลไม้จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของพืช วิธีการปลูก ระดับความสุก กระบวนการแปรรูปและการเก็บ การใช้ความร้อนในกระบวนการแปรรูปมีส่วนทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกลดลง และสารประกอบฟีนอลิก เป็นสารกลุ่มหนึ่งที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วย

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารประกอบที่เป็นวงแหวนอะโรมาติก และมีหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อย 1 หมู่รวม ไปถึงอนุพันธุ์ของสารประกอบฟีนอลซึ่งมีการแทนที่ด้วยหมู่ฟังก์ชันต่างๆ เช่น ฟลาโวนอยด์ ลิกนิน กรดซินนามิก และโคเอ็นไซม์คิว (Moeiklang และ Ruangviriyachai, 2014)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทดลองเพื่อศึกษาความคงตัวของโปรไบโอติกที่ห่อหุ้มโดยสารสกัดจากสมุนไพรไทยในน้ำผลไม้ และโยเกิร์ตในระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็น และการศึกษาการอยู่รอดของโปรไบโอติกที่ห่อหุ้มโดยสารสกัดจากสมุนไพรไทยในน้ำผลไม้ และโยเกิร์ตในระหว่างเก็บรักษาในตู้เย็น (Chaikham,2015)

ทำการผลิตแคปซูลโปรไบโอติก ตามวิธีการของ Chaikham, Apichartsrangkoon et al. (2013) โดยนำมาดัดแปลงบางส่วน พบว่าเซลล์เม็ด (20%, v / v) และสารสกัดจากพืชแตกต่างชนิดกัน (0.05-0.2%, w / v) ผสมกับสารละลายโซเดียมอัลจิเนตบริสุทธิ์ (Sigma-Aldrich, UK) ผสมด้วย

ไซริงค์ขนาด 0.5 มม. (Nipro, Japan) ลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.1 M (Merck, Germany) และแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดเป็นเม็ดเจล หลังจากนั้นทำการล้างด้วย 0.85% (w / v) น้ำเกลือและเก็บไว้ที่ 4 ° C ก่อนนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

2.4.1 การทำเอนแคปซูเลชันโดยวิธีเอ็กซ์ทรูชัน

Jankowskietal (1997) ใช้สารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 ผสมกับจุลินทรีย์โปรไบโอติกที่ถูกเพาะเลี้ยงเชื้อ (ข้อ3.1.2) เพื่อสร้างเม็ดเจล โดยใช้ไซริงค์ขนาด 0.27 มิลลิเมตร ลงในสารละลายที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น0.05-1.5 M ขนาดของเม็ดเจลมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร

2.4.2 การทำเอนแคปซูเลชันโดยวิธีอิมัลชัน

ทำการทดลองโดยการนำสารละลายอัลจิเนตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.6 ผสมกับจุลินทรีย์โปรไบโอติกที่ถูกเพาะเลี้ยงเชื้อ (ข้อ3.1.2) เพื่อสร้างเม็ดเจล มาผสมกับน้ำมันพืชโดยการใช้แมกนีติกบาร์ เป็นเวลา 5 นาที ใช้ไซริงค์ฉีดสารสารละลายที่มีแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น0.05-1.5 M ขนาดของเม็ดเจลจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ขนาด 25 ไมโครเมตร ถึง 2 มิลลิเมตร

จากผลการทดลองพบว่า จากการศึกษาความคงตัวของเซลล์โปรไบโอติกที่ห่อหุ้มด้วยสารสกัดจากสมุนไพร ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วัน สมุนไพรที่นำมาทดลอง ได้แก่ ดอกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ใบบัวบก และใบย่านาง ทำการบรรจุในสภาพแวดล้อมปกติ และสภาพสุญญากาศ พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ของเซลล์โพรไบโอติกที่ห่อหุ้มด้วยสารสกัดจากดอกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ความเข้มข้น 0.05% ที่บรรจุในสภาพแวดล้อมปกติ และสภาพสุญญากาศมีจำนวนจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตสูงกว่าเซลล์โพรไบโอติกที่ห่อหุ้มด้วยสารสกัดจากใบบัวบก และใบย่านาง ดังนั้นสารสกัดจากดอกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จึงได้รับคัดเลือกให้ทำการยับยั้งการเพาะเลี้ยงก่อนที่นำไปผสมกับน้ำผลไม้ และโยเกิร์ต เพื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดจากพืชที่เคยทำการศึกษา ได้แก่ ใบชาเขียว

สารสกัดจากดอกเม็ดมะม่วงหิมพานต์และชาเขียวช่วยในการเพิ่มความคงตัวของเม็ดเจลโปรไบโอติกในน้ำผลไม้และโยเกิร์ตเมื่อเทียบกับเม็ดเจลที่ไม่ได้เติมสารสกัดจากสมุนไพร โดยผลการทดลองพบว่าจุลินทรีย์ L. casei 01 และ B. lactis Bb-12 แสดงให้เห็นถึงความอยู่รอดของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยเชื้อ L. acidophilus LA5

วิธีในการเอนแคปซูเลชันทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันโดยการทำการทดลองด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันมีราคาที่ถูกกว่า สามารถทำได้ง่ายกว่า และขนาดเม็ดเจลมีขนาด 2 -5 มิลลิเมตร แต่การทำการทดลองด้วยเทคนิคอิมัลชัน มีราคาที่สูงกว่า วิธีในการทำซับซ้อนมากกว่า และขนาดเม็ดเจลมีขนาด 25 ไมโครเมตร ถึง 2 มิลลิเมตร ซึ่งขึ้นอยู่กับการต้องการใช้งานในการเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับการทดลอง

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

มะม่วงสายพันธุ์แก้วขมิ้นแบบสุก ซื้อจากตลาดนัดที่จังหวัดนครปฐม โดยนำเข้ามาจากประเทศกัมพูชา

3.1.2 สารเคมี

95% เอทานอล

โซเดียมอัลจิเนต (CHINA)

แคลเซียมแลคเตท (Purac Biochem CO.,LTD., NETHERLANDS)

โทรลอกซ์ (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)

Folin- Ciocalteu (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)

โซเดียมคาร์บอเนต (Na2CO3) ความเข้มข้น (CHINA)

2,2’-azino-biz (3-etylbenzenethiazoline-6-sulphonic acid) ABTS (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)

โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)

2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl DPPH (Darmstadt, Germany)

โพแทสเซียมอะซิเตท (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)

กรดแกลเซียลอะซิติก (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)

2,4,6-tripyfidyl-s-triazine TPTZ (Merck KGaA, Darmstadt, Germany)

ไฮโดรคลอริก (HCl) (APEX ALCO CO.,LTD., THAILAND)

Iron(III)chloride hexahydrate (FeCl36H2O) (Darmstadt, Germany)

3.2 อุปกรณ์

อุปกรณ์เครื่องแก้ว

เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (รุ่น BP31005, ยี่ห้อ Sartorius)

เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (รุ่น MS2045//01, ยี่ห้อ METTLER TOLEDO)

เครื่องHot plate (รุ่น INS-0009, ยี่ห้อ EGO)

เครื่องระเหยภายใต้สภาวะสุญญากาศ Evaporator (รุ่น R-114, ยี่ห้อ Buchi)

เครื่องอบแห้ง Tray Dryer (รุ่น Air Tray Dryer, ยี่ห้อ (Ghanshyam Heat Eletromake Industries)

เครื่อง UV-visible spectrophotometer (รุ่น UV-1700, ยี่ห้อ Shimadzu)

เครื่องเขย่าสาร (รุ่น G560E, ยี่ห้อ Scientific Industries)

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง

3.5.1.1 นำมะม่วงอย่างน้อย กิโลกรัม มาทำการสกัด และตรวจสอบคุณภาพได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

1 การเตรียมตัวอย่างด้วยการอบแห้ง (Tray dryer) ทำการแกะภายในแกนเมล็ดม่วงแล้วนำเอาเมล็ดภายในลอกเปลือกออกล้างทำความสะอาดด้วยน้ำเปล่า นำเมล็ดมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดเท่าๆกัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง (จนน้ำหนักคงที่) จากนั้นนำไปบดหยาบด้วยเครื่องบดอาหารไฟฟ้า บรรจุเก็บไว้ในขวดสีชา และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2 การสกัดสารสกัดหยาบด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สภาวะสุญญากาศ (Rotary Evaporator) ใช้ 95% เอาทานอลเป็นตัวทำละลาย ในอัตราส่วน 1 : 2 , 1 : 3 และ 1 : 4 ทำการสกัดเป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำสารที่สกัดได้ไประเหยเพื่อนำตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิหม้อต้ม 40 องศาเซลเซียส ความดัน 178 mbar ความเร็วรอบ 60 รอบ / นาที และทำการเก็บไว้ในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส

3 นำสารสกัดที่อัตราส่วน 1 : 2 , 1 : 3 และ 1: 4 ไปทำการตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เพื่อทำการเลือกสารสกัดที่มีคุณภาพดีที่สุด

3.3.2 การห่อหุ้มสารสกัด (Encapsulation)

1 เตรียมสารละลายโซเดียมอัลจิเนตในน้ำกลั่นความเข้มข้นร้อยละ 3 (กรัมต่อมิลลิลิตร) คนให้ละลายตั้งทิ้งไว้ 15 นาที นำสารสกัดผสมกับสารละลายโซเดียมอัลจิเนตอัตราส่วน 1 : 10 (กรัมต่อมิลลิลิตร) เตรียมสารละลายแคลเซียมแลคเตทในน้ำกลั่นความเข้มข้นร้อยละ 3 (กรัมต่อมิลลิลิตร) ใช้ไซริงค์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร โดยทำการแช่เม็ดบีทส์ทิ้งไว้ 5 และ 10 นาที ทำการแยกเม็ดบีทส์โดยการกรองเม็ดบีทส์ผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 นำเม็ดบีทส์มาล้างด้วยเปปโตนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จำนวน 2 ครั้ง และทำการเก็บไว้ในน้ำกลั่น

2 นำเม็ดบีทส์มาตรวจสอบคุณภาพ ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และความคงตัวของเม็ดบีทส์ในน้ำผลไม้และเพียวเร่ที่อุณหภูมิสูง

3.3.3 การตรวจสอบคุณภาพของเม็ดบีทส์

3.3.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรรวม ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method

1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน (standard curve) เตรียมสารละลายกรดแกลลิก 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0, 0.025, 0.05, 0.075, 0.1, 0.125, 0.150, 0.175 และ 0.2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวม 5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 % ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้ 95 % เอทานอลแทนตัวอย่างในปริมาณเท่ากัน สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม

2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง นำตัวอย่างสารสกัด 1 กรัม มาเจือจางที่ความเข้มข้น 500 ppmและนำตัวอย่างเม็ดบีทส์ 1 กรัม มาปั่นเหวี่ยงกับ 95 % เอทานอลอัตราส่วน 1 : 10 (กรัมตัวอย่างต่อมิลลิลิตรสารละลาย) เจือจางที่ความเข้มข้น 10 เท่า ให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยปรับปริมาตรด้วย 95 % เอทานอล ปิเปตตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวม 5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย Folin-Ciocalteu ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

ด้วยเครื่องผสม (Vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 10 % ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้ 95 % เอทานอลแทนตัวอย่างในปริมาณเท่ากัน

3 คำนวณตัวอย่าง ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้ในสมการกราฟมาตรฐาน (standard curve) ทำการคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมรายงานในหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิก

3.3.3.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (ABTS radical scavenging activity , ABTS)

1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน (standard curve) เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ให้ความเข้มข้นในแต่ละหลอดทดลองเป็น 50, 100, 150, 200, 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0, 0.008, 0.016, 0.024 และ 0.032 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวม 0.04 มิลลิลิตร ปิเปต ABTS reagent หลอดละ 4 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้ 95 % เอทานอลแทนตัวอย่างในปริมาณเท่ากัน คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ดังสมการต่อไปนี้ (3.1)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ } ABTS = \left(\frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{control}}\right) \times 100 \quad (3.1)$$

โดย $A_{control}$ = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

A_{sample} = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS กับปริมาณโทรลอกซ์

2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง นำตัวอย่างสารสกัด 1 กรัม มาเจือจางที่ความเข้มข้น 500 ppm และนำตัวอย่างเม็ดบีทส์ 1 กรัม มาปั่นเหวี่ยงกับ 95 % เอทานอลอัตราส่วน 1 : 10 (กรัมตัวอย่างต่อมิลลิลิตรสารละลาย) เจือจางที่ความเข้มข้น 10 เท่า ให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยปรับปริมาตรด้วย 95 % เอทานอล ปิเปตตัวอย่าง 0.04 มิลลิลิตร ปิเปต ABTS reagent หลอดละ 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (Vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้ 95 % เอทานอลแทนตัวอย่างในปริมาณเท่ากัน

3 คำนวณตัวอย่าง ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้ในสมการกราฟมาตรฐาน (standard curve) ทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ของตัวอย่างดังสมการต่อไปนี้ (3.2)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ } ABTS = \left(\frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{control}}\right) \times 100 \tag{3.2}$$

โดย $A_{control}$ = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

A_{sample} = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของตัวอย่าง

ทำการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS ในตัวอย่าง รายงานในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์

3.3.3.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity , DPPH)

1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน (standard curve) เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ให้ความเข้มข้นในแต่ละหลอดทดลองเป็น 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.14, 0.16, 0.18 และ0.2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวม 0.2 มิลลิลิตร ปิเปต 95 % เอทานอลปริมาตร 5.2 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้ 95 % เอทานอลแทนตัวอย่างในปริมาณเท่ากัน คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ดังสมการต่อไปนี้ (3.3)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ } DPPH = \left(1 - \left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right) \times 100 \tag{3.3}$$

โดย $A_{control}$ = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

A_{sample} = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH กับปริมาณโทรลอกซ์

2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง นำตัวอย่างสารสกัด 1 กรัม มาเจือจางที่ความเข้มข้น 500 ppm และนำตัวอย่างเม็ดบีทส์ 1 กรัม มาปั่นเหวี่ยงกับ 95 % เอทานอลอัตราส่วน 1 : 10 (กรัมตัวอย่างต่อมิลลิลิตรสารละลาย) เจือจางที่ความเข้มข้น 10 เท่า ให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยปรับปริมาตรด้วย 95 % เอทานอล ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร ปิเปต 95 % เอทานอลปริมาตร 5.2 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้ 95 % เอทานอลแทนตัวอย่างในปริมาณเท่ากัน คำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ดังสมการต่อไปนี้

3 คำนวณตัวอย่าง ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้ในสมการกราฟมาตรฐาน (standard curve) ทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของตัวอย่างดังสมการต่อไปนี้ (3.4)

เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ $DPPH = \left(1 - \left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right) \times 100$ (3.4)

โดย $A_{control}$ = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาควบคุม

A_{sample} = ค่าดูดกลืนแสงของปฏิกิริยาของตัวอย่าง

ทำการคำนวณความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่าง รายงานในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์

3.3.3.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก (Ferric reducing antioxidative power, FRAP)

1 การเตรียมกราฟมาตรฐาน (standard curve) เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยเตรียมโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ให้ความเข้มข้นในแต่ละหลอดทดลองเป็น 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ใส่หลอดทดลอง หลอดละ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ1.0 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรรวม 5 มิลลิลิตร ปิเปต FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้ 95 % เอทานอลแทนตัวอย่างในปริมาณเท่ากัน สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง นำตัวอย่างสารสกัด 1 กรัม มาเจือจางที่ความเข้มข้น 500 ppm และนำตัวอย่างเม็ดบีทส์ 1 กรัม มาปั่นเหวี่ยงกับ 95 % เอทานอลอัตราส่วน 1 : 10 (กรัมตัวอย่างต่อมิลลิลิตรสารละลาย) เจือจางที่ความเข้มข้น 10 เท่า ให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม ปิเปตน้ำกลั่น 4.9 มิลลิลิตร ปิเปตสารลาย FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 8 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร สำหรับ blank ใช้ 95 % เอทานอลแทนตัวอย่างในปริมาณเท่ากัน

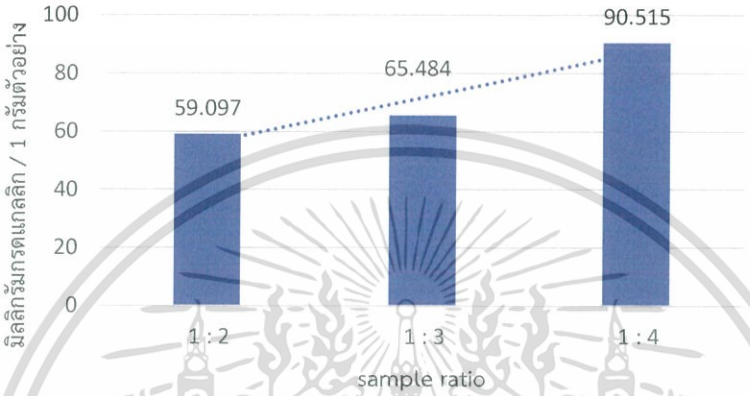
3 คำนวณตัวอย่าง ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้ในสมการกราฟมาตรฐาน (standard curve) ทำการคำนวณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกในตัวอย่าง รายงานในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลโทรลอกซ์

3.3.3.5 ทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ในน้ำผลไม้และเพียวเร่ที่อุณหภูมิสูง นำน้ำผลไม้และเพียวเร่ ทำการเพิ่มอุณหภูมิน้ำผลไม้และเพียวเร่บน Hot plate ที่อุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส โดยรักษาอุณหภูมิไม่เกิน ± 5 องศาเซลเซียส นำเม็ดบีทส์จำนวน 30 เม็ดต่อ1รอบ มาทดสอบโดยการแช่ทิ้งไว้ในน้ำผลไม้และเพียวเร่เป็นเวลา 10 และ20 นาที ละทำการคนอย่างต่อเนื่อง ศึกษาการความคงตัวลักษณะทางกายภาพ

บทที่ 4

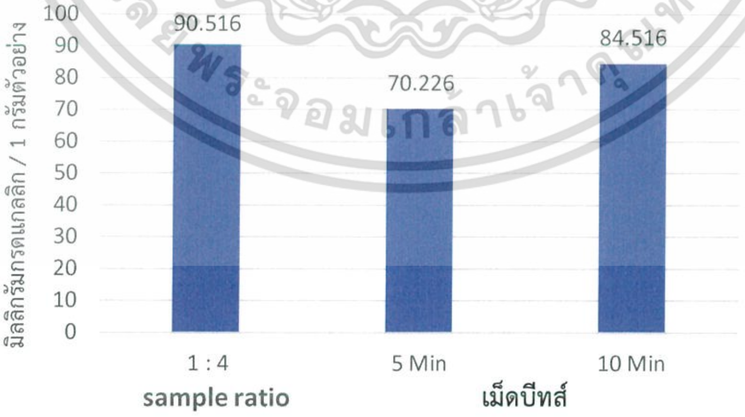
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอกลิกที่สกัดที่อัตราส่วนต่างๆในหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมตัวอย่าง

จากภาพที่ 4.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมที่อัตราส่วน 1 : 2, 1 : 3 และ 1 : 4 พบว่าที่อัตราส่วน 1 : 4 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดเป็น 90.515 มิลลิกรัมกรดแกลลิก / 1 กรัมตัวอย่าง จึงถูกนำมาทำการเอนแคปซูเลชัน

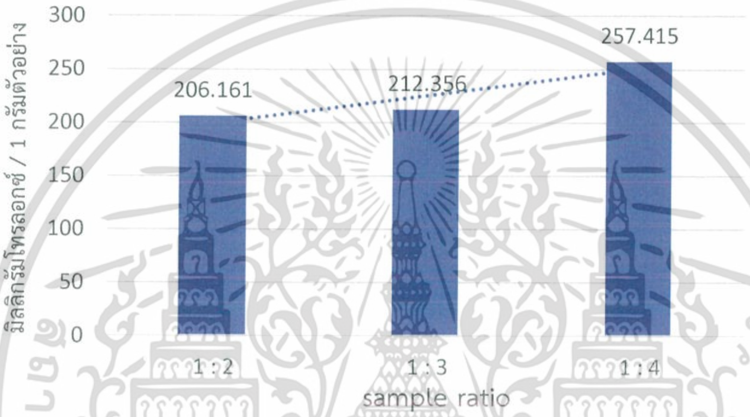


ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอกลิกที่สกัดที่อัตราส่วน 1 : 4 กับเม็ดบีทส์ที่เวลาต่างๆ ในหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมตัวอย่าง

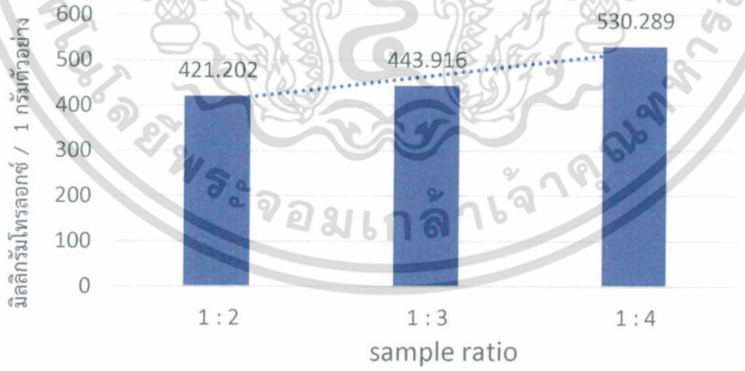
จากภาพที่ 4.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวทที่อัตราส่วน 1 : 4 เปรียบเทียบกับเม็ดบีทส์ที่เวลา 5 และ 10 นาที พบว่า สารสกัดภายในเม็ดบีทส์มีปริมาณลดลง โดยที่เวลา 5 นาทีสารสกัดหายไป 22.42 % และที่เวลา 10 นาทีสารสกัดหายไป 6.63 % หมายความว่าที่เวลา 10 นาทีสามารถห่อหุ้มสารสกัดได้ดีที่สุด

4.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

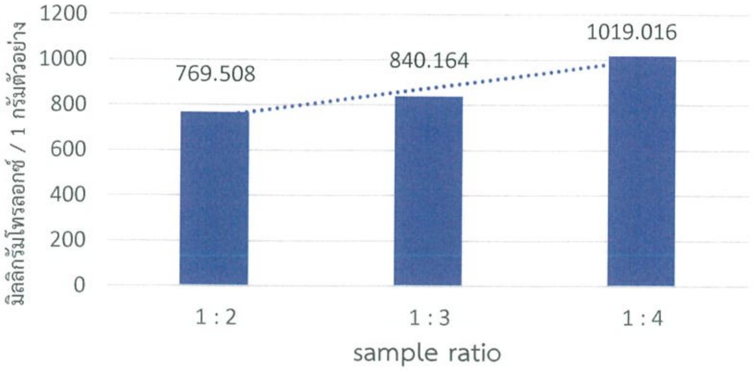
4.2.1 ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระจากการวิเคราะห์ตัวอย่างหลังการสกัดทั้ง 3 วิธี



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS หลังการสกัด



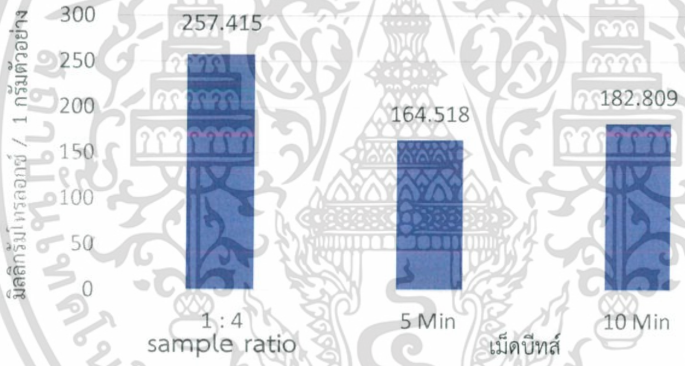
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH หลังการสกัด



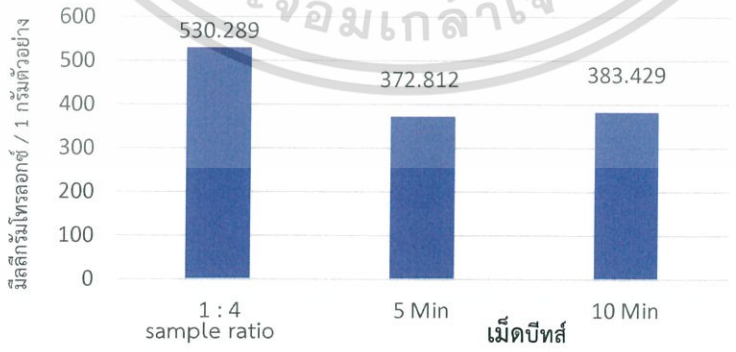
ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกหลังการสกัด

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้ง 3 วิธี ที่อัตราส่วน 1 : 2, 1 : 3 และ 1 : 4 พบว่าที่อัตราส่วน 1 : 4 มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดจากการตรวจสอบทั้ง 3 วิธี ซึ่งผลการทดลองถือว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันจึงถูกนำมาทำการเอนแคปซูเลชัน

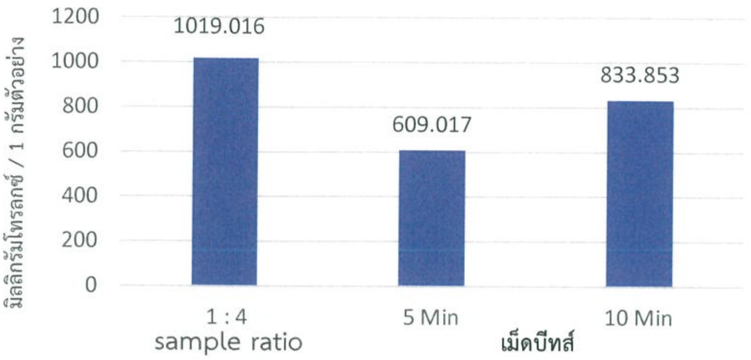
4.2.2 ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระจากการวิเคราะห์ตัวอย่างหลังการEncapsulation



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS หลังการEncapsulation



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH หลังการEncapsulation



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ FRAP หลังการ Encapsulation

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่อัตราส่วน 1 : 4 เปรียบเทียบกับเม็ดบีทส์ที่เวลา 5 และ 10 นาที พบว่า

จากภาพที่ 4.6 วิธี ABTS สารสกัดภายในเม็ดบีทส์มีปริมาณลดลง ที่เวลา 5 นาทีสารสกัดหายไป 36.09 % และที่เวลา 10 นาทีสารสกัดหายไป 28.98 %

จากภาพที่ 4.7 วิธี DPPH สารสกัดภายในเม็ดบีทส์มีปริมาณลดลง ที่เวลา 5 นาทีสารสกัดหายไป 29.70 % และที่เวลา 10 นาทีสารสกัดหายไป 27.69 %

จากภาพที่ 4.8 วิธี FRAP สารสกัดภายในเม็ดบีทส์มีปริมาณลดลง ที่เวลา 5 นาทีสารสกัดหายไป 40.24 % และที่เวลา 10 นาทีสารสกัดหายไป 18.17 %

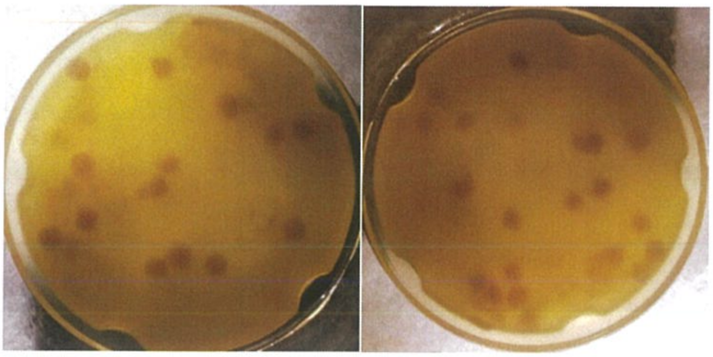
หมายความว่าที่เวลา 10 นาทีสามารถห่อหุ้มสารสกัดได้ดีที่สุด เนื่องจากการตรวจสอบทั้ง 3 วิธีให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน

4.3 การทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ในน้ำผลไม้และเพียวเร่

4.3.1 การทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ในน้ำผลไม้

1 เม็ดบีทส์ทำการ Encapsulation 5 นาที

ผลการทดลองจากภาพที่ 4.13 เป็นการทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ที่ 5 นาที โดยการแช่ในน้ำผลไม้เป็นเวลา 10นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบเม็ดบีทส์ 30 เม็ด พบว่าเม็ดบีทส์คงตัว ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง



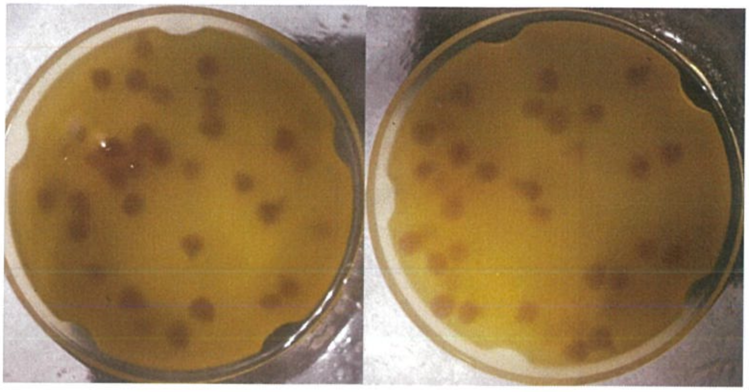
ภาพที่ 4.13 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 5นาที ที่แช่เป็นเวลา 10 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองจากภาพที่ 4.14 เป็นการทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ที่ 5 นาที โดยการแช่ในน้ำผลไม้เป็นเวลา 20นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบเม็ดบีทส์ 30 เม็ด พบว่าเม็ดบีทส์คงตัว ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ภาพที่ 4.14 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 5นาที ที่แช่เป็นเวลา 20 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส

2 เม็ดบีทส์ทำการ Encapsulation 10 นาที

ผลการทดลองจากภาพที่ 4.15 เป็นการทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ที่ 10 นาที โดยการแช่ในน้ำผลไม้เป็นเวลา 10 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบเม็ดบีทส์ 30 เม็ด พบว่าเม็ดบีทส์คงตัว ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 4.15 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 10นาที ที่แช่เป็นเวลา 10 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส

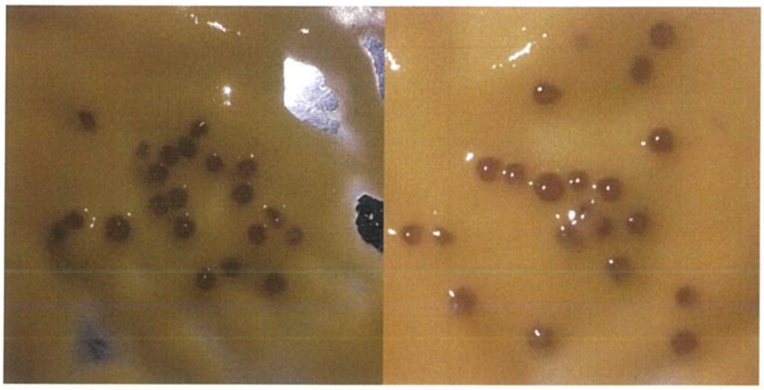
ผลการทดลองจากภาพที่ 4.16 เป็นการทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ที่ 10 นาที โดยการแช่ในน้ำผลไม้เป็นเวลา 20 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบเม็ดบีทส์ 30 เม็ด พบว่าเม็ดบีทส์คงตัว ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ภาพที่ 4.16 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 10 นาที ที่แช่เป็นเวลา 20 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส

4.3.2 การทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ในเพียวเร่

1 เม็ดบีทส์ทำการ Encapsulation 5 นาที

ผลการทดลองจากภาพที่ 4.17 เป็นการทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ที่ 5 นาที โดยการแช่ในเพียวเร่เป็นเวลา 10นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบเม็ดบีทส์ 30 เม็ด พบว่าเม็ดบีทส์คงตัว ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง



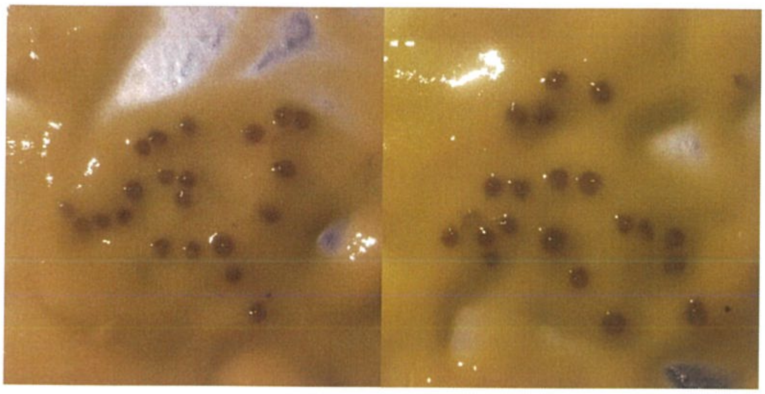
ภาพที่ 4.17 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 5 นาที ที่แช่เป็นเวลา 10 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองจากภาพที่ 4.18 เป็นการทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ที่ 5 นาที โดยการแช่ในเพียวเร่เป็นเวลา 20นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบเม็ดบีทส์ 30 เม็ด พบว่าเม็ดบีทส์มีผิวสัมผัสที่นุ่มกว่าปกติแต่ยังมีความคงตัวอยู่

ภาพที่ 4.18 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 5นาที ที่แช่เป็นเวลา 20 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส

2 เม็ดบีทส์ทำการ Encapsulation 10 นาที

ผลการทดลองจากภาพที่ 4.19 เป็นการทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ที่ 10 นาที โดยการแช่ในเพียวเร่เป็นเวลา 10นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบเม็ดบีทส์ 30 เม็ด พบว่าเม็ดบีทส์คงตัว ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 4.19 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 10 นาที ที่แช่เป็นเวลา 10 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส

ผลการทดลองจากภาพที่ 4.20 เป็นการทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์ที่ 10 นาที โดยการแช่ในเพียวเร่เป็นเวลา 20 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบเม็ดบีทส์ 30 เม็ด พบว่าเม็ดบีทส์คงตัว ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่เม็ดบีทส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีผิวสัมผัสที่นุ่มขึ้น และสามารถแตกได้ง่ายกว่าปกติ เมื่อออกแรงกดด้วยมือ

ภาพที่ 4.20 แสดงความคงตัวของเม็ดบีทส์ 10 นาที ที่แช่เป็นเวลา 20 นาที ที่ความร้อนอุณหภูมิ 60 และ80 องศาเซลเซียส

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระทั้ง 3 วิธีในเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นแบบสุกหลังทำการสกัดที่อัตราส่วน 1:2 1:3 และ 1:4 (กรัมตัวอย่าง / มิลลิลิตร สารละลาย) พบว่าผลจากการตรวจสารประกอบฟีนอกลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีผลที่สอดคล้องกัน คือการสกัดที่อัตราส่วน 1:4 ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด

จากการทดลองการห่อหุ้มสารสกัดจากเมล็ดมะม่วงพันธุ์แก้วขมิ้นแบบสุกที่อัตราส่วน1:4 ด้วยวิธีการเอ็กทรูชั่นที่อัตราส่วนระหว่างสารสกัดกับโซเดียมอัลจิเนต คือ 1:10 (กรัมสารสกัดต่อมิลลิลตร สารละลาย) ที่เวลา5 และ 10 นาที พบว่า มีความแตกต่างระหว่างสารประกอบฟีนอลิกที่ถูกห่อหุ้มอยู่ในเม็ดบีทส์ที่ 5 นาที เทียบกับ สารสกัดที่อัตราส่วน 1:4 อยู่ที่ 22.42 % และความแตกต่างในเม็ดบีทส์ที่เวลา 10 นาที อยู่ที่ 6.63 % และวิธีการ DPPH แสดงให้เห็นถึงความต่างของฤทธิ์การต้านสารอนุมูลอิสระของเม็ดบีทส์เปรียบเทียบกับสารสกัดที่อัตราส่วน 1:4 โดยความแตกต่างของเม็ดบีทส์ที่ 5 นาที อยู่ที่ 29.70 % และเม็ดบีทส์ที่ 10 นาที มีความแตกต่างอยู่ที่ 27.69 % และได้ผลลัพธ์ไปในทิศทางเดียวกันในการทดสอบในวิธีอื่นๆ

จากการทดสอบความคงตัวของเม็ดบีทส์หลังทำการห่อหุ้มสารสกัดในน้ำผลไม้และเพียวเร่ที่เวลาและอุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่า เม็ดบีทส์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางลักษณะภายนอก แต่เม็ดบีทส์ที่ทดสอบในเพียวเร่อุณหภูมิ80องศาเซลเซียส เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ คือ เม็ดบีทส์มีความนุ่มขึ้น สามารถบีบให้แตกตัวได้ง่ายมากที่สุด เนื่องจากเม็ดบีทส์เกิดการเก็บความร้อนไว้ภายใน

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการสกัดใช้สารสกัด 95 % เอทานอล ในการระเหยเอทานอลควรระเหยให้หมดทั้งสิ้น เนื่องจาก 95 % เอทานอล สามารถทำปฏิกิริยากับสาร โซเดียมอัลจิเนตได้ ทำให้เกิดการแยกชั้นของสารเกิดขึ้น จึงควรมีการตั้งสารสกัดทิ้งไว้ให้เกิดการระเหยให้มากที่สุดการนำมาทำการ Encapsulation

จากการทำการทดลองพบว่าในการเอนแคปซูเลชั่นสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งในวิธีที่ใช้คือ Extrusion โดยการใช้ไซริงค์เป็นตัวควบคุมเม็ดบีทส์นั้นยังไม่มีความแน่นอนและแม่นยำมากพอของขนาดเม็ดบีทส์ จึงควรใช้เครื่องยิงเม็ดบีทส์ที่เหมาะสมในการทำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บรรณานุกรม

เทพกัญญา หาญศีลวัต. 2556. ผลของไบโอโพลิเมอร์ต่อสมบัติต่างๆ และประสิทธิภาพในการเอนแคปซูเลชันของอิมัลชันชนิด น้ำในน้ำมันในน้ำที่มีสารสกัดจากเนื้อในเมล็ดมะม่วง. งานวิจัย. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปิยตา อารี., และ วิชนี มีโต. 2559. การต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ ยับยั้งเอนไซม์ไทโรซิเนสของสารสกัด มะม่วงน้ำดอกไม้สุก (Mangiferaindica Linn.).

พุฒิยา รัตนศิริวัฒน์., จตุรงค์ ช่วยขวัญ., สุพรรณี งามยิ่ง., และ ประภาพรรณ เพียรชอบ. กระบวนการสกัด และสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหยาบ และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ (Extraction Procedure and Antioxidant Properties of Crude Extracts and Essential oil from Pumelo Peel). งานวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

Krasaekoopt, W., Bhandari, B., & Deeth, H. 2003. Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt.

María M., Gemma G., Lemuel M.R., Olvido I., & Carmen P. 2018. Encapsulation of resveratrol using food-grade concentrated double emulsions: Emulsion characterization and rheological behavior.

Moeiklang, N., & Ruangviriyachai, C. 2014. Determination of Phenolic Compounds And Antioxidant Potential in Fruit Beverages.

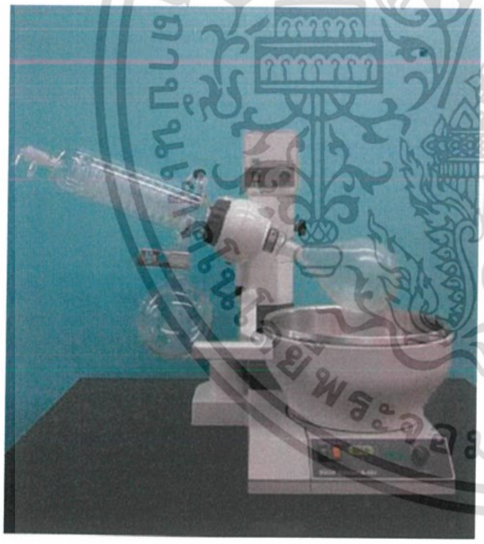
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อุปกรณ์สำหรับการทดลอง

เมล็ดมะม่วงสายพันธุ์แก้วขมิ้นแบบสุก

เครื่องอบแห้ง Tray Dryer



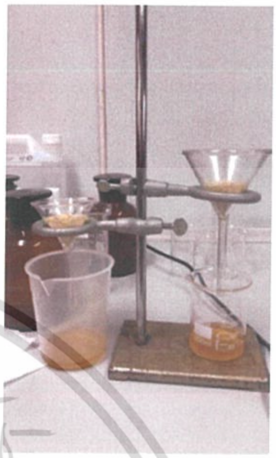
เครื่องกลั่นระเหยภายใต้สภาวะสุญญากาศ
(rotary evaporator)

เครื่อง UV-visible spectrophotometer

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการทำการทดลอง

การเตรียมวัตถุดิบสำหรับการอบแห้ง



การกรองสารสกัดก่อนนำไประเหย

ทำการกลั่นระเหยภายใต้สภาวะสูญญากาศให้ได้ของเหลวข้นหนืด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก ข (ต่อ)

เม็ดบีทส์ที่ได้จากการEncapsulation

ตรวจสอบคุณภาพของเม็ดบีทส์

ภาคผนวก ค

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

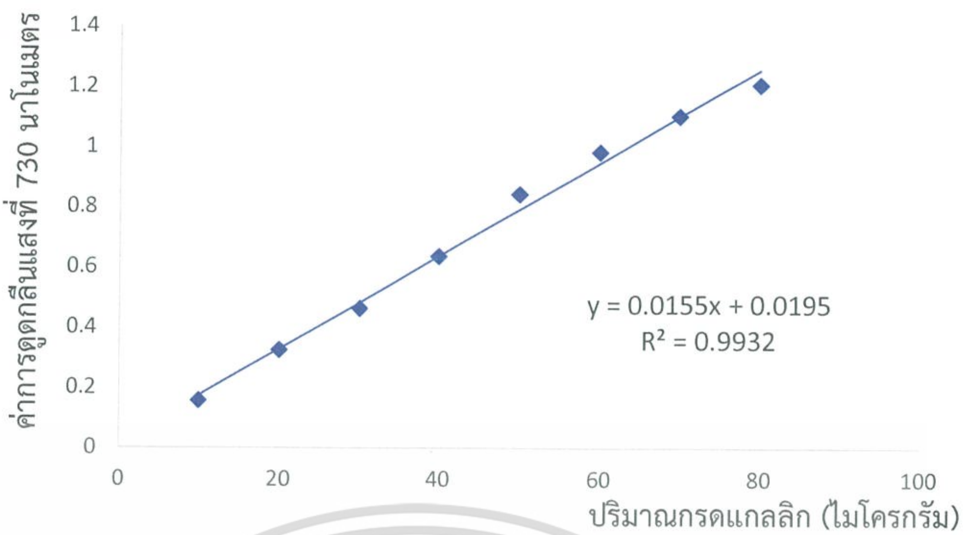
ค.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method

ค.1.1 ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวมสำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน

จากตารางที่ ค.1 เป็นข้อมูลที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 400 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสดงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ ค.1 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรรวมที่วัดได้

[ ]กรดแกลลิก (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)	ปริมาณกรดแกลลิก (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013
2	10	0.1731	0.1662	0.1414	0.1602
4	20	0.3308	0.3438	0.3086	0.3277
6	30	0.4657	0.4459	0.4862	0.4659
8	40	0.6543	0.6412	0.6183	0.6379
10	50	0.8114	0.8574	0.8677	0.8455
12	60	0.9603	0.9873	1.0083	0.9853
14	70	1.1445	1.0709	1.0991	1.1048
16	80	1.1887	1.1984	1.2421	1.2097



ภาพที่ ค.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอลิกรวมระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัม

ค.1.2 ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวม จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหลังการสกัด

จากตารางที่ ค.2 เป็นข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม จากตัวอย่างหลังการสกัดด้วย 95 % เอทานอล และทำการระเหยเพื่อนำตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สภาวะสุญญากาศ **วัดค่าการดูดกลืนแสดงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป**

ตารางที่ ค.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการสกัดที่ได้

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
control	0.0286	0.0286	0.0286	0.0286
1 : 2	0.1436	0.1362	0.1393	**0.1397**
1 : 3	0.1652	0.1385	0.1450	**0.1496**
1 : 4	0.1771	0.1843	0.2037	**0.1884**

ค.1.3 ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกรวม จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหลังการ Encapsulation

จากตารางที่ ค.3 เป็นข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม จากตัวอย่างหลังการEncapsulation ด้วยการผสมสารสกัดกับโซเดียมอัลจิเนต และห่อหุ้มสารสกัดด้วย

แคลเซียมแลคเตท **วัดค่าการดูดกลืนแสดงที่ความยาวคลื่น 730 นาโนเมตร เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป**

ตารางที่ ค.3 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการEncapsulationที่ได้

	ค่าการดูดกลืนแสง			
ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
control	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023
5 min	0.2373	0.2394	0.2417	0.2395
10 min	0.281	0.2843	0.2861	0.2838

ค.1.4 การคำนวณตัวอย่าง

1 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:2

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.111 (ตารางที่ ค.2)

จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกดังภาพที่ ค.1 ได้สมการเส้นตรง

$y = 0.0155x+0.0195$

$0.1111 = 0.0155x+0.019$

$x = 5.9097$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 5.9097 ไมโครกรัม

ถ้า สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 2954.85 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก 2954.85 ไมโครกรัม

ตัวอย่าง 1 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก 59097 ไมโครกรัม

หรือเท่ากับ 59.097 มิลลิกรัม

ดังนั้น จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 59.097 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม

2 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:3

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.1210 (ตารางที่ ค.2)

จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกดังภาพที่ ค.1 ได้สมการเส้นตรง

$y = 0.0155x+0.0195$

$0.1210 = 0.0155x+0.0195$

$x = 6.5484$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 6.5484 ไมโครกรัม
ถ้า สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 3274.2 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก 3274.2 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก 65484 ไมโครกรัม

หรือเท่ากับ 65484 มิลลิกรัม

ดังนั้น จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 65.484 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม

3 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:4

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.1598 (ตารางที่ค.2)

จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกดังภาพที่ ค.1 ได้สมการเส้นตรง

$y = 0.0155x+0.0195$

$0.1598 = 0.0155x+0.0195$

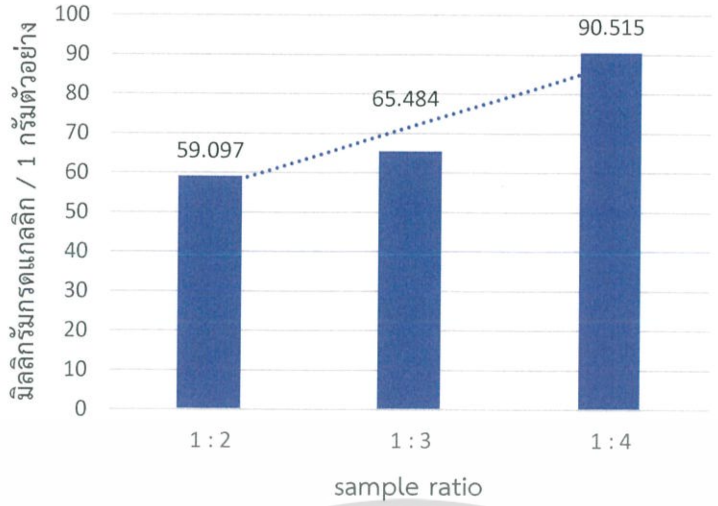
$x = 9.0516$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 9.0516 ไมโครกรัม
ถ้า สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 4525.8 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม
ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก 4525.8 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก 90516 ไมโครกรัม

หรือเท่ากับ 90.516 มิลลิกรัม

ดังนั้น จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 90. 516 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม



ภาพที่ ค.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอกลิกที่สกัดที่อัตราส่วนต่างๆในหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมตัวอย่าง

4 จากการ Encapsulation 5 นาที

ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรสารละลายจากเม็ดบีทส์ 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ได้ค่าการดูดกลืนแสง 0.2372 (ตารางที่ ค.3)

จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกดังภาพที่ ค.1 ได้สมการเส้นตรง

$y = 0.0155x+0.0195$

$0.2372 = 0.0155x+0.0195$

$x = 14.0452$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 14.0452 ไมโครกรัม

ถ้า สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 7661.35 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.1 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.1 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก 7661.35 ไมโครกรัม

ตัวอย่าง 1 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก 70226 ไมโครกรัม

หรือเท่ากับ 70.226 มิลลิกรัม

ดังนั้น จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 70.226 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม

5 จากการ Encapsulation 10 นาที

ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรสารละลายจากเม็ดบีทส์ 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 730 นาโนเมตร ได้ค่าการดูดกลืนแสง 0.2815 (ตารางที่ ค.3)

จากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกดังภาพที่ ค.1 ได้สมการเส้นตรง

$y = 0.0155x+0.0195$

$0.2815 = 0.0155x+0.0195$

$x = 16.9032$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 16.9032 ไมโครกรัม

ถ้า สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีปริมาณกรดแกลลิก 8451.6 ไมโครกรัม

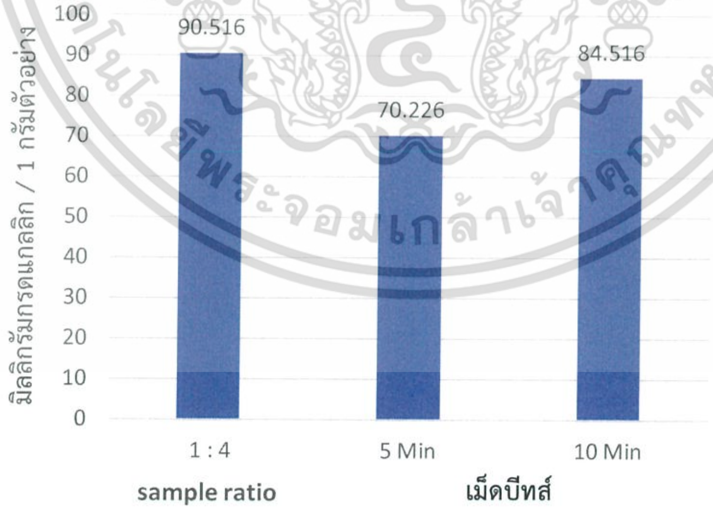
จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.1 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.1 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก 8451.6ไมโครกรัม

ตัวอย่าง 1 กรัม มีปริมาณกรดแกลลิก 84516 ไมโครกรัม

หรือเท่ากับ 84.516 มิลลิกรัม

ดังนั้น จะมีปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด 84.516 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/กรัม



ภาพที่ ค.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารประกอบฟีนอกลิกที่สกัดที่อัตราส่วน 1 : 4 กับเม็ดบีทส์ที่เวลาต่างๆ ในหน่วยมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 1 กรัมตัวอย่าง

ค.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS

ค.2.1 ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS สำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน

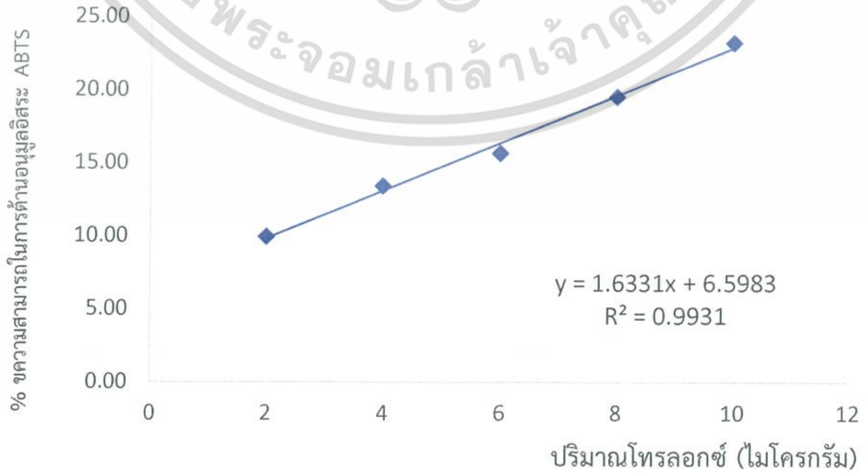
จากตารางที่ ค.4 เป็นข้อมูลที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร และทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ ABTSตามสูตร (ค.1) เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ } ABTS = \left(\frac{A_{control}-A_{sample}}{A_{control}}\right) \times 100$$

(ค.1)

ตารางที่ ค.4 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS ที่วัดได้

[ ] โทรลอกซ์ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)	ปริมาณโทรลอกซ์ (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง				
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	% ความสามารถ
0	0	0.5560	0.5560	0.5560	0.5560	0.0000
50	2	0.5021	0.5011	0.4984	0.5005	9.9760
100	4	0.477	0.484	0.4822	0.4811	13.4772
150	6	0.4866	0.4607	0.4589	0.4687	15.6954
200	8	0.4406	0.4519	0.4489	0.4471	19.5803
250	10	0.4351	0.3952	0.4498	0.4267	23.2554



ภาพที่ ค.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ ABTS กับปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

ค.2.2 ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหลังการสกัด

จากตารางที่ ค.5 เป็นข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS จากตัวอย่างหลังการสกัดด้วย 95 % เอทานอล และทำการระเหยเพื่อนำตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สภาวะสุญญากาศ **วัดค่าการดูดกลืนแสดงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร** และทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ ABTSตามสูตร (ค.1) **เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป**

ตารางที่ ค.5 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการสกัดที่ได้

	ค่าการดูดกลืนแสง				% ความสามารถ
ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
control	0.5428	0.5428	0.5428	0.5428	
1 : 2	0.3202	0.3265	0.3260	**0.3242**	**40.2665**
1 : 3	0.3031	0.3252	0.3280	**0.3188**	**41.2736**
1 : 4	0.2747	0.2739	0.2878	**0.2788**	**48.6367**

ค.2.3 ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหลังการ Encapsulation

จากตารางที่ ค.6 เป็นข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS จากตัวอย่างหลังการEncapsulation ด้วยการผสมสารสกัดกับโซเดียมอัลจิเนต และห่อหุ้มสารสกัดด้วยแคลเซียมแลคเตท **วัดค่าการดูดกลืนแสดงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร** และทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ ABTSตามสูตร (ค.1) **เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป**

ตารางที่ ค.6 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการEncapsulationที่ได้

	ค่าการดูดกลืนแสง				% ความสามารถ
ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
control	0.5289	0.5289	0.5289	0.5289	
5 min	0.2174	0.2058	0.2062	0.2062	60.3328
10 min	0.1720	0.1770	0.1857	0.1857	66.3074

ค.2.4 การคำนวณตัวอย่าง

1 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:2

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.3242 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ได้ 40.2665 เปอร์เซ็นต์

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.4 ได้สมการเส้นตรง

$y = 1.6331x + 6.5983$

$40.2665 = 1.6331x + 6.5983$

$x = 20.6161$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 20.6161 ไมโครกรัมถ้า สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 10308.05 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 10308.05 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 206161 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 206.161 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS 206.161 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม

2 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:3

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.3188 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ได้ 41.2736 เปอร์เซ็นต์

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.4 ได้สมการเส้นตรง

$y = 1.6331x + 6.5983$

$41.2736 = 1.6331x + 6.5983$

x = 21.2356

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 21.2356 ไมโครกรัมถ้า
สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 10617.8 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 10617.8 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 212356 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 212.356 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS 212.356 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม

3 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:4

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.2788 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ได้ 48.6367 เปอร์เซ็นต์

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.4 ได้สมการเส้นตรง

y = 1.6331x + 6.5983

48.6367 = 1.6331x + 6.5983

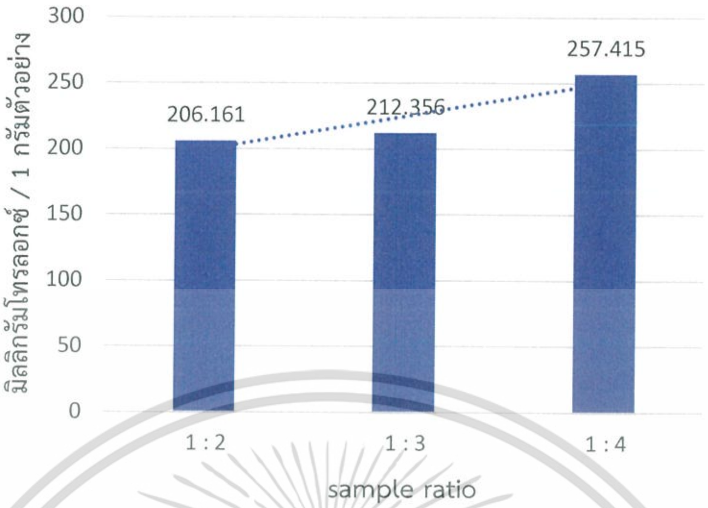
x = 25.7415

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 25.7415 ไมโครกรัมถ้า
สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 12870.75ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 12870.75ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 257415 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 257.415 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างจะมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS 257.415 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม



ภาพที่ ค.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS ที่สกัดที่อัตราส่วนต่างๆในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง

4 จากการ Encapsulation ที่เวลา 5 นาที

ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.2098 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ได้ 60.3328 เปอร์เซ็นต์

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.4 ได้สมการเส้นตรง

$y = 1.6331x + 6.5983$

$60.3328 = 1.6331x + 6.5983$

$x = 32.9035$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 32.9035 ไมโครกรัมถ้า
สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 16451.75ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.1 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 16451.75 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 164517.5 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 164.5175 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS 164.5175 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม

5 จากการ Encapsulation ที่เวลา 10 นาที

ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.1782 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ ABTS ได้ 66.3074 เปอร์เซ็นต์

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.4 ได้สมการเส้นตรง

$y = 1.6331x + 6.5983$

$66.3074 = 1.6331x + 6.5983$

$x = 36.5618$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 36.5618 ไมโครกรัมถ้า

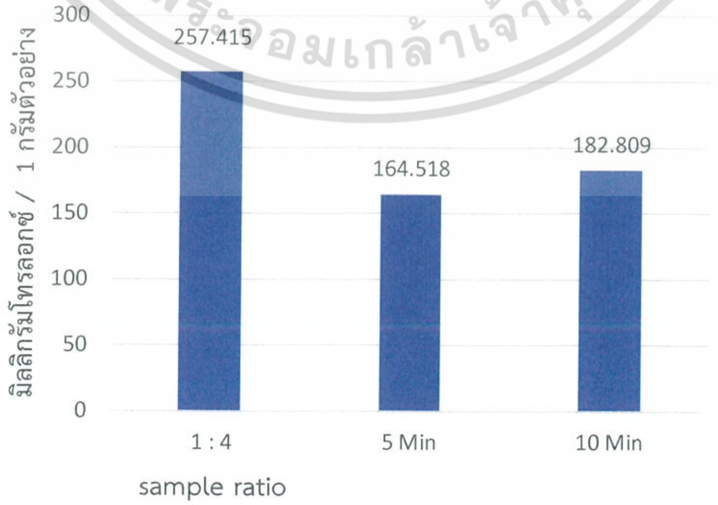
สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 18280.9075 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.1 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 18280.9075 ไมโครกรัม

ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 182809.075 ไมโครกรัม

หรือเท่ากับ 182.8091 มิลลิกรัม



ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS 182.8091 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม

ภาพที่ ค.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS ที่สกัดที่อัตราส่วน 1 : 4 กับเม็ดบีทส์ที่เวลาต่างๆ ในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง

ค.3 การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH

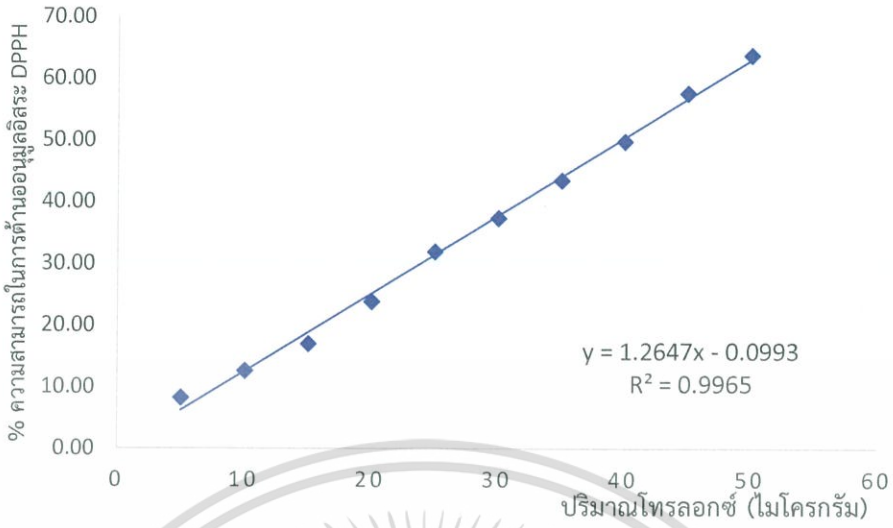
ค.3.1 ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ DI เม็ดบีทส์ บสร้างกราฟมาตรฐาน

จากตารางที่ ค.7 เป็นข้อมูลที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร และทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH ตามสูตร (ค.2) เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ } DPPH = \left(1 - \left(\frac{A_{sample}}{A_{control}}\right)\right) \times 100 \qquad \text{(ค.2)}$$

ตารางที่ ค.7 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่วัดได้

[ ] โทรลอกซ์ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)	ปริมาณโทรลอกซ์ (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง				%ความสามารถ
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
5	1	0.6903	0.7006	0.6955	0.6955	8.3344
10	2	0.6658	0.6623	0.6588	0.6623	12.7059
15	3	0.6322	0.6223	0.6321	0.6289	17.1126
20	4	0.5779	0.5743	0.5786	0.5769	23.9576
25	5	0.5131	0.5217	0.5112	0.5153	32.0768
30	6	0.4743	0.4695	0.479	0.4743	37.4896
35	7	0.4265	0.4038	0.4539	0.4281	43.5789
40	8	0.3887	0.3899	0.3606	0.3797	49.9495
45	9	0.3205	0.3269	0.3142	0.3205	57.7523
50	10	0.2574	0.2797	0.2858	0.2743	63.8461



ภาพที่ ค.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ DPPH กับปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

ค.3.2 ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหลังการสกัด

จากตารางที่ ค.8 เป็นข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH จากตัวอย่างหลังการสกัดด้วย 95 % เอทานอล และทำการระเหยเพื่อนำตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สภาวะสุญญากาศ **วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร** และทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH ตามสูตร (ค.2) **เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป**

ตารางที่ ค.8 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการสกัดที่ได้

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง				% ความสามารถ
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
control	0.7229	0.7229	0.7229	0.3385	
1 : 2	0.3447	0.3323	0.3386	**0.3385**	**53.1701**
1 : 3	0.3162	0.3229	0.3142	**0.3178**	**56.0428**
1 : 4	0.2458	0.2328	0.2378	**0.2388**	**66.9664**

ค.3.3 ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหลังการ Encapsulation

จากตารางที่ 4.9 เป็นข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH จากตัวอย่างหลังการEncapsulation ด้วยการผสมสารสกัดกับโซเดียมอัลจิเนต และห่อหุ้มสารสกัดด้วยแคลเซียมแลคเตท **วัดค่าการดูดกลืนแสดงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร** และทำการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของ DPPH ตามสูตร (ค.2) **เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป**

ตารางที่ ค.9 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการEncapsulationที่ได้

ตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง ครั้งที่ 1	 ครั้งที่ 2	 ครั้งที่ 3	 เฉลี่ย	% ความสามารถ
control	0.0931	0.0931	0.0931	0.0931	
5 min	0.2174	0.2058	0.2062	0.2062	60.3328
10 min	0.1720	0.1770	0.1857	0.1857	66.3074

ค.3.4 การคำนวณตัวอย่าง

1 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:2

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.3385 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 53.1701 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.7 ได้สมการเส้นตรง

$y = 1.2647x - 0.0993$

$53.1701 = 1.2647x - 0.0993$

$x = 42.1202$

	สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร	มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 42.1202 ไมโครกรัม
ถ้า	สารละลาย 100 มิลลิลิตร	มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 21060.1 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 21060.1 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 421202 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 421.202 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 421.202 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม

2 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:3

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.3178 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 56.0428 เปอร์เซ็นต์ จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.7 ได้สมการเส้นตรง $y = 1.2647x - 0.0993$

$56.0428 = 1.2647x - 0.0993$

$x = 44.3916$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 44.3916 ไมโครกรัมถ้า
สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 22195.8 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 22195.8 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 443916 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 443.916 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 443.916 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม

3 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:4

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.2388 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 66.9664 เปอร์เซ็นต์

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ค.7 ได้สมการเส้นตรง

$y = 1.2647x - 0.0993$

$66.9664 = 1.2647x - 0.0993$

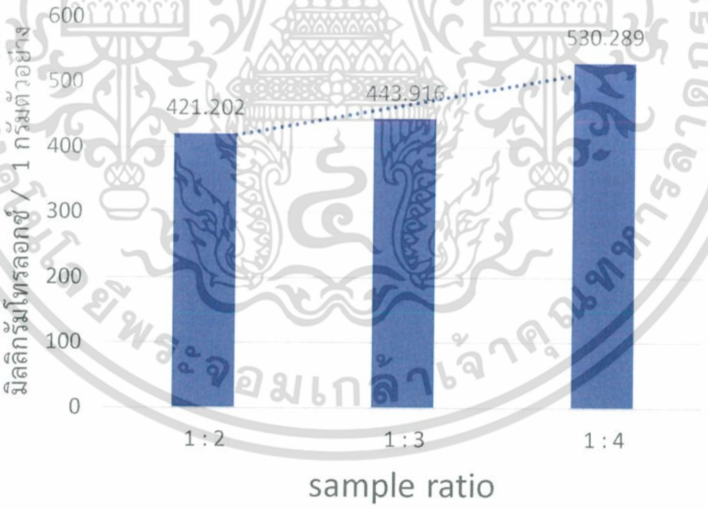
$x = 53.0289$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 53.0289 ไมโครกรัมถ้า
สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 26514.45 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 26514.45 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 530289 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 530.289 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 530.289 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม



ภาพที่ ค.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่สกัดที่อัตราส่วนต่างๆในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง

4 จากการ Encapsulation 5 min

ชั่งตัวอย่าง 0.1กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517

นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.0054 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 94.1998 เปอร์เซ็นต์

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.7 ได้สมการเส้นตรง

y = 1.2647x -0.0993

94.1998 = 1.2647x - 0.0993

x = 74.5624

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 74.5624 ไมโครกรัมถ้า
สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 37281.2 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.1 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 37281.2 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 372812 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 372.812 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 372.812 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม

5 จากการ Encapsulation 10 min

ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.0029 และคำนวณเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ได้ 96.8851 เปอร์เซ็นต์

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.7 ได้สมการเส้นตรง

y = 1.2647x -0.0993
96.8851 = 1.2647x - 0.0993
x = 76.6857

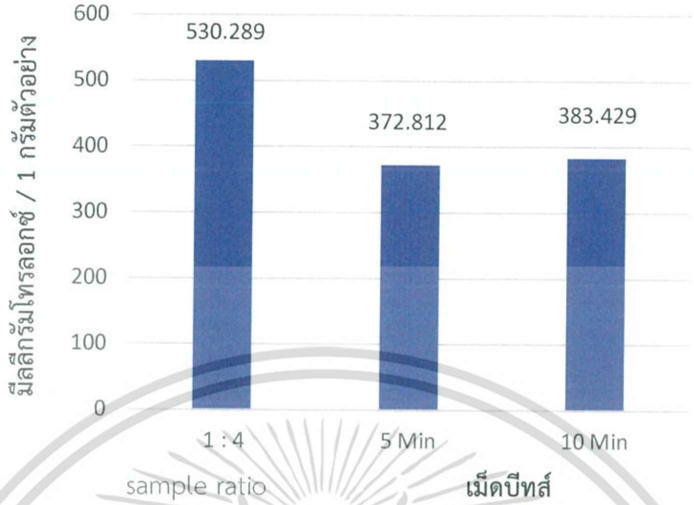
สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 76.6857 ไมโครกรัมถ้า
สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 38342.8481 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.1 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 38342.8481 ไมโครกรัม

ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 383428.481 ไมโครกรัม

หรือเท่ากับ 383.429 มิลลิกรัม



ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH 383.429 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม

ภาพที่ ค.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่สกัดที่อัตราส่วน 1 : 4 กับเม็ดบีทส์ที่เวลาต่างๆ ในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง

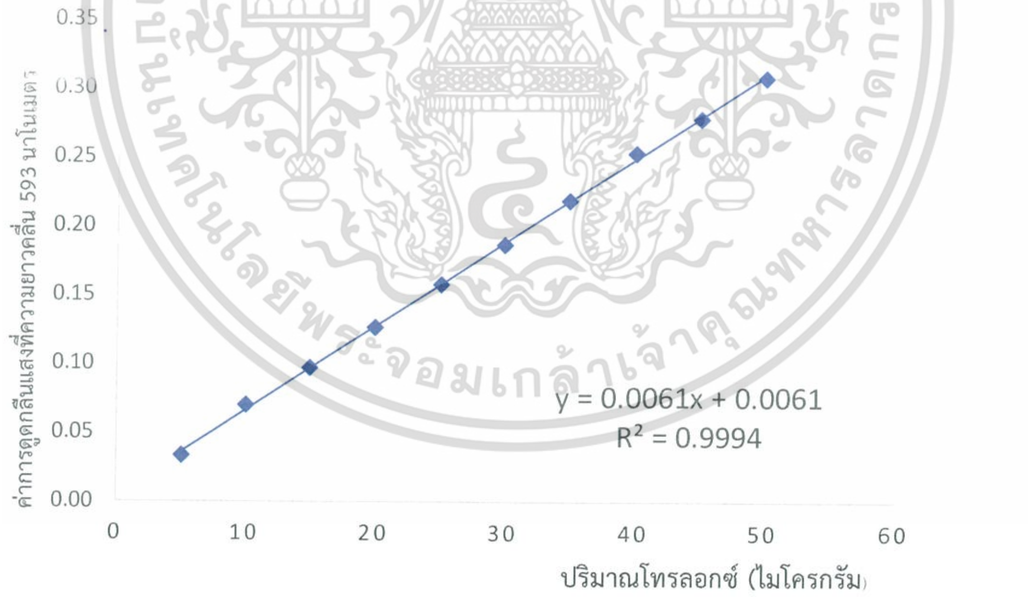
ค.4 การวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก

ค.4.1 ปริมาณของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกสำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน

จากตารางที่ ค.10 เป็นข้อมูลที่ได้จากการสร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) เตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้น 250 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสดงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ ค.10 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่วัดได้

[ ] โทรลอกซ์ (ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)	ปริมาณโทรลอกซ์ (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	0	0.1036	0.1036	0.1036	0.1036
5	0.1	0.1366	0.1389	0.1364	0.1373
10	0.2	0.1709	0.1702	0.181	0.1740
15	0.3	0.1991	0.2042	0.1997	0.2010
20	0.4	0.2291	0.2341	0.2279	0.2304
25	0.5	0.2644	0.2614	0.2590	0.2616
30	0.6	0.2908	0.2879	0.2921	0.2903
35	0.7	0.3220	0.3174	0.328	0.3225
40	0.8	0.3530	0.3601	0.3576	0.3569
45	0.9	0.3876	0.3839	0.3738	0.3818
50	**1**	**0.4102**	**0.415**	**0.4108**	**0.4120**



ภาพที่ ค.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสงและปริมาณโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัม

ค.4.2 ปริมาณของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหลังการสกัด

จากตารางที่ ค.11 เป็นข้อมูลการวิเคราะห์ความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกจากตัวอย่างหลังการสกัดด้วย 95 % เอทานอล และทำการระเหยเพื่อนำตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยแบบหมุนภายใต้สภาวะสุญญากาศ **วัดค่าการดูดกลืนแสดงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป**

ตารางที่ ค.11 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการสกัดที่ได้

	ค่าการดูดกลืนแสง			
ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
control	0.1036	0.1036	0.1036	0.1036
1 : 2	0.5796	0.5901	0.5677	**0.4755**
1 : 3	0.6094	0.6232	0.6339	**0.5186**
1 : 4	0.7527	0.7148	0.7263	**0.6277**

ค.4.3 ปริมาณของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอรร์ริก จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหลังการ Encapsulation

จากตารางที่ ค.12 เป็นข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริก จากตัวอย่างหลังการEncapsulation ด้วยการผสมสารสกัดกับโซเดียมอัลจิเนต และห่อหุ้มสารสกัดด้วยแคลเซียมแลคเตท **วัดค่าการดูดกลืนแสดงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร เพื่อเตรียมข้อมูลไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป**

ตารางที่ ค.12 แสดงค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหลังการEncapsulationที่ได้

	ค่าการดูดกลืนแสง			
ตัวอย่าง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
control	0.1036	0.1036	0.1036	0.1036
5 min	0.8641	0.8101	0.8838	0.8527
10 min	1.0134	1.1818	1.1857	1.0234

ค.4.4 การคำนวณตัวอย่าง

1 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:2

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100

มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.4755

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.10 ได้สมการเส้นตรง

$y = 0.0061x+0.0061$

$0.4755 = 0.0061x+0.0061$

$x = 76.9508$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 76.9508 ไมโครกรัม

ถ้า สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 38475.4 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 38475.4 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 769508 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 769.508 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเท่ากับ 769.508 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม

2 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:3

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.5186

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.10 ได้สมการเส้นตรง

$y = 0.0061x+0.0061$

$0.5186 = 0.0061x+0.0061$

$x = 84.0164$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 84.0164 ไมโครกรัมถ้า
สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 42008.2 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 42008.2 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 840164 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 840.164 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเท่ากับ 840.164 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม

3 สารสกัดจากเมล็ดมะม่วงที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:4

ชั่งตัวอย่าง 0.05 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเมล็ดมะม่วง 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.6277

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.10 ได้สมการเส้นตรง

$y = 0.0061x+0.0061$

$0.6277 = 0.0061x+0.0061$

$x = 101.9016$

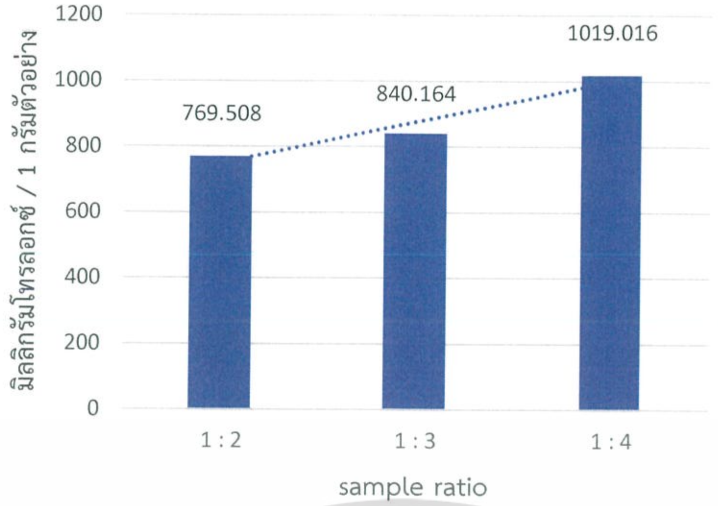
สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 101.9016 ไมโครกรัม

ถ้า สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 50950.8 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.05 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.05 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 50950.8 ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 1019016 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 1019.016 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเท่ากับ 1019.016 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม



ภาพที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกที่สกัดที่อัตราส่วนต่างๆ ในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง

4 จากการ Encapsulation 5 นาที

ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเม็ดบีทส์ 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 0.7491

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.10 ได้สมการเส้นตรง

$y = 0.0061x+0.0061$

$0.7491 = 0.0061x+0.0061$

$x = 121.8033$

สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 121.8033 ไมโครกรัม

ถ้า สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 60901.65 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.1กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 60901.65ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 609016.5 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 609.0165 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเท่ากับ 609.0165 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/กรัม

5 จากการ Encapsulation 10 นาที

ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม เจือจางด้วยเอทานอล 95% ปรับปริมาตรรวมเป็น 100 มิลลิลิตร ปริมาตรของสารละลายสารสกัดจากเม็ดบีทส์ 0.2 มิลลิลิตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร ได้ค่าดูดกลืนแสง 1.0234

จากกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ดังภาพที่ ค.10 ได้สมการเส้นตรง

$y = 0.0061x+0.0061$

$1.0234 = 0.0061x+0.0061$

$x = 166.7705$

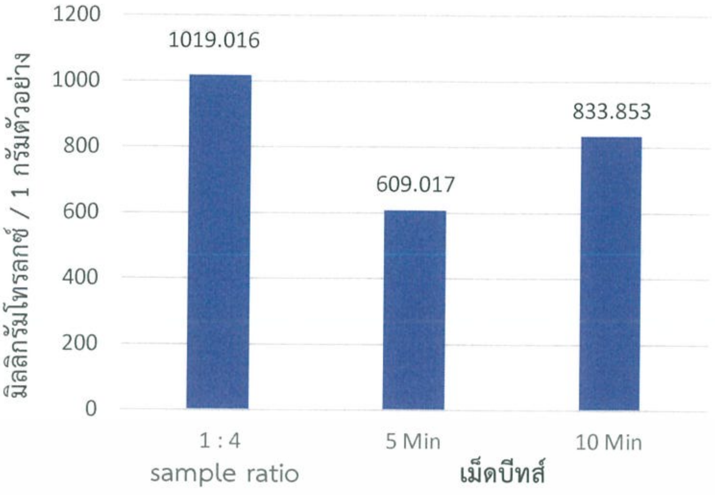
สารละลาย 0.2 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 166.7705 ไมโครกรัม

ถ้า สารละลาย 100 มิลลิลิตร มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 83385.25 ไมโครกรัม

จากสารละลาย 100 มิลลิลิตร เตรียมจากตัวอย่าง 0.1 กรัม

ดังนั้น ตัวอย่าง 0.1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 83385.25ไมโครกรัม
ตัวอย่าง 1 กรัม มีความสามารถเทียบเท่ากับโทรลอกซ์ 833852.5 ไมโครกรัม
หรือเท่ากับ 833.8525 มิลลิกรัม

ดังนั้น ตัวอย่างมีความสามารถในการรีดิวซ์เฟอร์ริกเท่ากับ 833.8525 มิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์/**กรัม**



ภาพที่ ค.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของความสามารถในการรีดิวซ์ที่สกัดที่อัตราส่วน 1 : 4 กับเม็ดบีทส์ที่เวลาต่างๆ ในหน่วยมิลลิกรัมโทรลอกซ์ต่อ 1 กรัมตัวอย่าง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายศุภนันท์ วงศ์คงขำ
วัน เดือน ปี เกิด	06 มิถุนายน 2540
ประวัติการศึกษา	- ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาสุวินทวงศ์ แผนการศึกษาวิทย์-คณิต - ระดับปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวโศทชา แก้ววณิชชากร
วัน เดือน ปี เกิด	14 กันยายน 2539
ประวัติการศึกษา	- ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6 โรงเรียนเทพศิรินทร์ร่มเกล้า แผนการศึกษาวิทย์ – คณิต - ระดับปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง