

การห่อหุ้มสารสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.)

โดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน

THE ENCAPSULATION OF ANTHOCYANIN FROM BUTTERFLY PEA

(*Clitoria ternatea* L.) BY β -CYCLODEXTRIN



T143392

จิระดี พะโยมรัตน์
ธัญลักษณ์ มากอตุลสาร

สาขา.....
เลขทะเบียน.....143392
รับเดือนปี.....01 ค.ศ. 2559

b.....
i.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมัก

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558



ปัญหาพิเศษ

การห่อหุ้มสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.)

โดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน

THE ENCAPSULATION OF ANTHOCYANIN FROM BUTTERFLY PEA

(*Clitoria ternatea* L.) BY β -CYCLODEXTRIN

นางสาว จิระดี

พะโยมรัตน์

นางสาว รัชลักษณ์

มากอตุส่าห์

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

การห่อหุ้มสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.)

โดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน

THE ENCAPSULATION OF ANTHOCYANIN FROM BUTTERFLY PEA

(*Clitoria ternatea* L.) BY β -CYCLODEXTRIN

จัดทำโดย

นางสาว จิระดี พะโยมรัตน์ รหัสนักศึกษา 54080087

นางสาว ธัญลักษณ์ มากอตุส่าห์ รหัสนักศึกษา 54080106

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. สุรัชย์ ใหญ่เย็น

หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การห่อหุ้มสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.)

โดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน

THE ENCAPSULATION OF ANTHOCYANIN FROM BUTTERFLY PEA
(*Clitoria ternatea* L.) BY β -CYCLODEXTRIN

จัดทำโดย

นางสาว จิระดี

พะโยมรัตน์

รหัสนักศึกษา 54080087

นางสาว ธัญลักษณ์

มากอดส่าห์

รหัสนักศึกษา 54080106

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

10 / ก.ค. / 5๕

(ดร. สุรัชย์ ไหญ่เย็น)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การตรึงสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน (<i>Clitoria ternatea</i> L.) โดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน	
นักศึกษา	จิระดี พะโยมรัตน์	รหัสนักศึกษา54080087
	ธัญลักษณ์ มากอุตสาห์	รหัสนักศึกษา54080106
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต	
พ.ศ.	2558	
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ	ดร. สุรัชย์ ไหญ่เย็น	

บทคัดย่อ

แอนโธไซยานินเป็นเป็นรงควัตถุที่มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) แต่เนื่องจากแอนโธไซยานินมีความไม่เสถียร มีความไวต่อปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ความเป็นกรด ออกซิเจนและอื่นๆ

เทคโนโลยีเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation) เป็นเทคโนโลยีการเก็บรักษาสารสำคัญไม่ให้เสียสภาพจากความร้อน ความชื้น ปฏิกริยาออกซิเดชัน และสภาวะกรด-ด่าง ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคโนโลยีเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation) มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างกว้างขวาง เพื่อช่วยให้สามารถเก็บรักษาคุณภาพของสารชีวภาพที่สำคัญ โดยให้อยู่ในสภาพเดิมได้นานที่สุด หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาการห่อหุ้มสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันโดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน ที่อัตราส่วนของเบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน : สารสกัดแอนโธไซยานิน 1:5 ,2:5 และ 3:5 โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน เลือกวิธีที่ใช้ในการสกัดแอนโธไซยานินทั้งหมด 2 วิธี คือ การสกัดแอนโธไซยานินโดยใช้กรด Hcl pH 4.5 และการสกัดแอนโธไซยานินโดยใช้น้ำร้อน และทำการศึกษาเสถียรภาพของการเอนแคปซูเลชันต่อสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน โดยการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานิน และการวิเคราะห์การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ จากผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน พบว่า การสกัดแอนโธไซยานินโดยใช้น้ำร้อนให้ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดสูงกว่าการสกัดแอนโธไซยานินโดยใช้กรด Hcl pH 4.5 แต่การสกัดแอนโธไซยานินโดยใช้กรด Hcl pH 4.5 มีเสถียรภาพดีกว่า และเมื่อทำการเอนแคปซูเลทสารสกัดแอนโธไซยานินโดยใช้น้ำร้อน พบว่า ที่อัตราส่วนของเบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน : สารสกัดแอนโธไซยานิน 1:5 ,2:5 และ 3:5 ให้ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดใกล้เคียงกัน ส่วนเมื่อทำการเอนแคปซูเลทสารสกัดแอนโธไซยานินโดยใช้กรด Hcl pH 4.5 พบว่า อัตราส่วน 1:5 ให้ปริมาณแอนโธไซยานินดีที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการเอนแคปซูเลท และทำการวิเคราะห์ผลการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่า การเอนแคปซูเลชันไม่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ได้รับความช่วยเหลือจาก ดร.สุรัชย์ ใหญ่เย็น อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขปัญหาและวิเคราะห์งานวิจัย ตั้งแต่การตรวจสอบโครงร่างปัญหาพิเศษ ให้คำปรึกษาแนะนำตลอดจนแก้ไขเพิ่มเติมส่วนที่บกพร่องของงานวิจัยนี้จนสำเร็จ ทำให้ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างมาก และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ. ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้ความอนุเคราะห์ทางด้านเครื่องมือและความช่วยเหลือต่างๆตลอดการทำวิจัย

และสุดท้ายขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยให้การสนับสนุน และกำลังใจที่มอบอย่างต่อเนื่องเสมอมา ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านข้อมูลในการทำวิจัยและข้อคิดเห็นต่างๆ จนทำให้ปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

จิระดี พะโยมรัตน์

ธัญลักษณ์ มากอดสำห์

18 พฤษภาคม 2558

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 แอนโธไซยานิน (Anthocyanin).....	3
2.2 ดอกอัญชัน (Blue Pea, Butterfly Pea)	8
2.3 กระบวนการเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation)	11
2.4 เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน (β -cyclodextrin)	15
2.4 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานิน.....	16
2.5 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH.....	19
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	23
3.1 วัสดุดิบและสารเคมี.....	23
3.2 อุปกรณ์	23
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การสกัดสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน	24
3.3.3 ขั้นตอนการเอนแคปซูเลชั่น	25
3.3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	25
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	26
4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด	26
4.2 ผลการวิเคราะห์การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity)	32
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผลการวิจัย	36
5.2 ข้อเสนอแนะ	36
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก	40
ภาคผนวก ข	41
ภาคผนวก ค	43
ประวัติผู้เขียน	45

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงปริมาณแอนโธไซยานินในผลไม้ชนิดต่างๆ.....	4
2.2 คุณลักษณะเฉพาะของสารเคลือบแต่ละชนิดที่ใช้ในการเอนแคปซูเลท.....	13
4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินจากสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อน.....	30
4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินจากสารสกัดแอนโธไซยานิน ที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5.....	31
4.3 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดแอนโธไซยานิน ที่สกัดด้วยความร้อน.....	34
4.4 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดแอนโธไซยานิน ที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5.....	35

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโธไซยานิน cyaniding-3-glucoside in the flavylum form.....	3
2.2 โครงสร้างของแอนโธไซยานิน.....	3
2.3 ผลของโครงสร้างของแอนโธไซยานินที่มีต่อสีของแอนโธไซยานิน.....	5
2.4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโธไซยานินเมื่อความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยน.....	6
2.5 ผลของออกซิเจนต่อความคงตัวของแอนโธไซยานิน.....	7
2.6 ดอกอินชัน.....	8
2.7 โครงสร้างของไมโครแคปซูล.....	11
2.8 การกักเก็บรูปแบบต่างๆ.....	12
2.9 โครงสร้างของ β - cyclodextrin.....	15
2.10 โครงสร้างทางเคมีของ DPPH radical.....	19
4.1 กราฟแสดงปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อน ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเดกซ์ทริน อัตราส่วน 1:5 2:5 และ 3:5 เทียบกับ control (สารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อนที่ไม่ผ่านการเอนแคปซูเลชัน).....	26
4.2 กราฟแสดงปริมาณแอนโธไซยานินของสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเดกซ์ทริน อัตราส่วน 1:5 2:5 และ 3:5 เทียบกับ control (สารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อนที่ไม่ผ่านการเอนแคปซูเลชัน).....	27
4.3 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์แอนโธไซยานินอิสระ (%Free Anthocyanin) และเปอร์เซ็นต์การเอนแคปซูเลท (%Encapsulate) ของสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอินชันที่สกัดด้วยความร้อน ที่ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่อัตราส่วนต่างๆ.....	29
4.4 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์แอนโธไซยานินอิสระ (%Free Anthocyanin) และเปอร์เซ็นต์การเอนแคปซูเลท (%Encapsulate) ของสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอินชันที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 ที่ ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่อัตราส่วนต่างๆ.....	29

4.5 สมการการเกิดปฏิกิริยา หลังจากการเติมสารต้านอนุมูล.....	32
4.6 กราฟแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อน.....	33
4.7 กราฟแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดแอนโธไซยานิน ที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5.....	33



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แอนโทไซยานินเป็นเป็นรงควัตถุที่มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) แต่แอนโทไซยานินมีความไม่เสถียร เนื่องจากมีความไวต่อปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ความเป็นกรด ออกซิเจนและอื่นๆ จึงมีการศึกษาเพื่อดูว่าปัจจัยต่างๆมีผลกระทบต่อความเสถียรของแอนโทไซยานินและการต้านอนุมูลอิสระอย่างไร และมีสารชนิดใดที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและสามารถเก็บรักษาคุณภาพไว้

เทคโนโลยีเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation) เป็นการใช้สารห่อหุ้ม (wall material) มาหุ้มหรือเคลือบสารภายใน (core material) และเป็นเทคโนโลยีการเก็บรักษาสารสำคัญไม่ให้เสียสภาพจากความร้อน ความชื้น ปฏิกริยาออกซิเดชัน และสภาวะกรด-ด่าง ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคโนโลยีเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation) มาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างกว้างขวาง เพื่อช่วยให้สามารถเก็บรักษาคุณภาพของสารชีวภาพที่สำคัญ โดยให้อยู่ในสภาพเดิมได้นานที่สุด หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาเพื่อลดปัญหาสารที่ไวต่อการสลายตัว อันเนื่องมาจากความไม่คงตัวทางกายภาพหรือเคมี

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาการเอนแคปซูเลชันสารสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันโดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน เป็นสารที่ใช้ในการห่อหุ้มหรือเคลือบ ที่อัตราส่วน เบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินต่อสารสกัดแอนโทไซยานิน 1:5 2:5 และ 3:5 โดยศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน เลือกกรรมวิธีที่ใช้ในการสกัดแอนโทไซยานินทั้งหมด 2 วิธี คือ การสกัดแอนโทไซยานินโดยใช้กรด Hcl pH 4.5 และการสกัดแอนโทไซยานินโดยใช้ความร้อน และทำการศึกษาเสถียรภาพของการเอนแคปซูเลชันต่อสารสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน โดยการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด และการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity)

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน

1.2.2 ศึกษาเสถียรภาพของการเอนแคปซูเลชันต่อสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ศึกษากรรมวิธีและสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน โดยวิธีการสกัด 2 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยความร้อน และการสกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5

1.3.2 ศึกษาประสิทธิภาพการเอนแคปซูเลชันสารสกัดแอนโธไซยานิน โดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน เป็นสารห่อหุ้ม ที่อัตราส่วน เบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินต่อสารสกัดแอนโธไซยานิน 1:5 2:5 และ 3:5 เทียบกับสารสกัดแอนโธไซยานินที่ไม่ผ่านการเอนแคปซูเลชัน

1.3.3 วิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดแอนโธไซยานินที่ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน และไม่ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน ทั้งวิธีการสกัดด้วยความร้อนและกรด Hcl pH 4.5

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบผลของสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน

1.4.2 ได้ทราบประสิทธิภาพการเอนแคปซูเลชันสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันด้วยเบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินส์ ดังนี้ ผลการเอนแคปซูเลชันต่อปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด ผลการเอนแคปซูเลชันต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และผลการเอนแคปซูเลชันต่อระยะเวลาการเก็บรักษาสารสกัดแอนโธไซยานิน

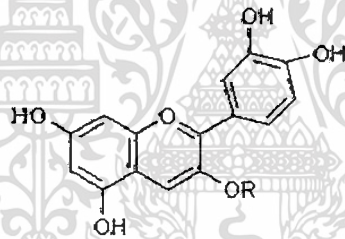
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

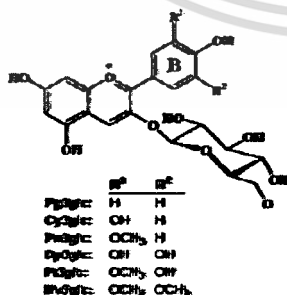
2.1 แอนโธไซยานิน (Anthocyanin)

แอนโธไซยานินเป็นสารในกลุ่มของ flavonoid phytochemicals มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกคือ anthos หมายถึง ดอกไม้ และ kyanos หมายถึง สีน้ำเงิน แอนโธไซยานินเป็นสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีโครงสร้างหลักเป็น C₆C₃C₆ เป็นรงควัตถุที่ละลายอยู่ใน vacuole sap ในเซลล์พืช ซึ่งมีบทบาทต่อสีในดอกไม้ ผลไม้และใบไม้หลายชนิด โดยจะให้สีม่วงแดงไปจนถึงสีน้ำเงิน แอนโธไซยานินสามารถละลายได้ในน้ำ แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายประเภท non-hydroxyl เช่น acetone chloroform และ ether (Skibota,C.&Smith M., 2000)

สีของแอนโธไซยานินตั้งแต่สีน้ำเงินเข้มในสภาวะเป็นด่าง (pH>7) มีสีม่วงเมื่อเป็นกลาง (pH=7) และจะเปลี่ยนเป็นสีแดงได้ในสภาวะเป็นกรด (pH<7) เป็นสารสีที่พบได้ทั่วไปในดอกไม้ ผลไม้บางชนิด ใบหรือลำต้นของพืชบางชนิดที่มีสีจัด ในปริมาณเพียงน้อยนิดก็สามารถแสดงสีได้ในความเข้มข้นสูง



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของแอนโธไซยานิน cyaniding-3-glucoside in the flavylum form
ที่มา: Anna และคณะ(2003)



Pg3glc : Pelargonidin-3-glucoside

Cy3glc : Cyanidin-3-glucoside

Pe3glc : Peonidin-3-glucoside

Dp3glc : Delphinidin-3-glucoside

Pt3glc : petunidin-3-glucoside

Ml3glc : Malvidin-3-glucoside

ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของแอนโธไซยานิดิน

ที่มา : Cabritaและคณะ(2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ประโยชน์ของแอนโธไซยานิน

แอนโธไซยานินเมื่อใช้เป็นสีอาหารจะมีความเป็นพิษและมีปริมาณในระดับที่สามารถดูดซึมได้เหมือน การบริโภคผลเบอร์รี่ปกติหรือผลไม้สีอื่นๆที่มีสารประกอบแอนโธไซยานินมีข้อบ่งชี้ว่าแอนโธไซยานินเป็นสาร ด้านอนุมูลอิสระมีผลส่งเสริมสุขภาพซึ่งรวมถึงการลดความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจ (Hendry., 1996)

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณแอนโธไซยานินในผลไม้ชนิดต่างๆ

foodstuff	Anthocyanin in mg/100 g food
Aubergine (egg plant)	750
Black currant	130-400
Blackberry	83-326
Blueberry	25-497
Cherry	350-400
Chokeberry	200-1000
Cranberry	60-200
Elderberry	450
Orange	~200
Radish	11-60
Raspberry	10-60
Red currant	80-420
Red grape	30-750
Red onions	7-21
Red wine	24-35
Strawberry	15-35

ที่มา:Lauro, G.J.&Francis.,2000

2.1.2 อาหารที่พบแอนโธไซยานิน

อาหารที่เป็นแหล่งสำคัญของแอนโธไซยานิน ได้แก่

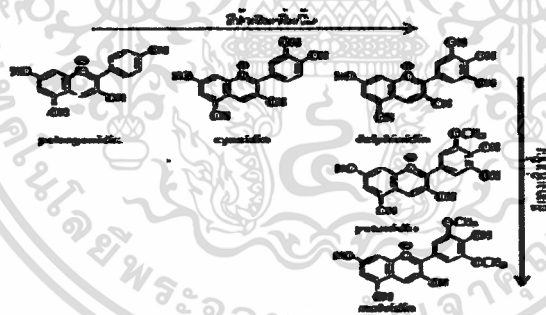
- ผลไม้ เช่น องุ่น ทับทิม และผลไม้ในกลุ่มเบอร์รี่ เช่น สตรอเบอร์รี่ (strawberry) ผลหม่อน (mulberry) บลูเบอร์รี่ (blueberry) แครนเบอร์รี่ (cranberry) เชอร์รี่ (cherry) ราสเบอร์รี่ (raspberry) เป็นต้น
- ผัก เช่น กะหล่ำปลีสีม่วง (red cabbage) และเรดิชสีแดง (red radish)
- เมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวกล้อง หรือข้าวสีนิล ข้าวโพดสีม่วง
- พืชหัว ได้แก่ มันเทศสีม่วง
- ดอกไม้ เช่น กระเจี๊ยบแดง และดอกอัญชัน เป็นต้น

2.1.3 เสถียรภาพของแอนโธไซยานิน

ปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อความคงตัวของแอนโธไซยานิน เช่น โครงสร้างของแอนโธไซยานิน ความเป็นกรดต่าง อุณหภูมิ ออกซิเจน แสง กรดแอสคอร์บิก น้ำตาล และสารประกอบอื่นๆที่ก่อให้เกิด co-pigment เช่น flavones, flavonone, flavonols, coumarin, Cinnamic acid เป็นต้น

2.1.3.1 โครงสร้าง

โครงสร้างของแอนโธไซยานินในส่วนของวงแหวนฟีนอลมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้สีของแอนโธไซยานินเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินมากขึ้นแต่หากมีการเพิ่มหมู่เมทอกซิลที่ตำแหน่งที่ 3' และ 5' จะทำให้สีของแอนโธไซยานินมีสีแดงมากขึ้น

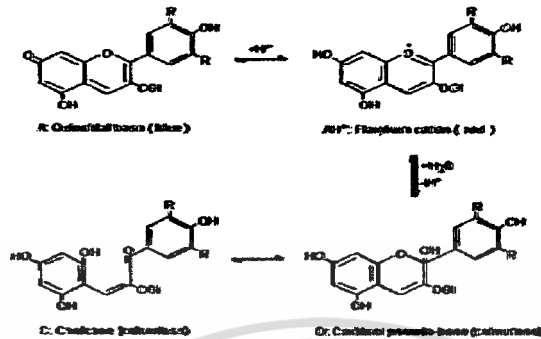


ภาพที่ 2.3 ผลของโครงสร้างของแอนโธไซยานินที่มีต่อสีของแอนโธไซยานิน
ที่มา : นิธิยา (2539)

2.1.3.2 ความเป็นกรดต่าง

สีของแอนโธไซยานินเกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของ pH ในตัวกลางนั้นๆเมื่อแอนโธไซยานินอยู่ในสภาพสมดุลในสารละลายที่เป็นกรดมาก($\text{pH} < 0.5$)จะอยู่ในรูปของ flavyliumcation (red) อยู่เพียงชนิดเดียว ซึ่งทำให้สารละลายมีสีแดง เมื่อ pH สูงขึ้นจนอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนหรือเป็นกลาง ปริมาณ flavyliumcation จะเริ่มลดลงเนื่องจากการเกิด hydration ไปเป็น carbinol base ซึ่งไม่มีสี ส่วนสมดุลระหว่างแอนโธไซยานินที่อยู่ในรูปของ flavyliumcation และ quinoidal base (anhydro base) จะเกิดสมดุลที่ $\text{pK} = 4.25$ ดังนั้นเมื่อแอนโธไซยานินอยู่ในสารละลายที่มี pH สูงกว่า 4.5 ขึ้นไปหรืออยู่ในสภาวะที่เป็นเบส จึงมีเฉพาะโครงสร้างของ

carbinol base และ chalcone ึ่งเป็นโครงสร้างที่ไม่มีสีและโครงสร้างของ quinoidal base ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีสีน้ำเงินทำให้สารละลายที่ได้มีสีน้ำเงิน (ยุพาพร,2547)



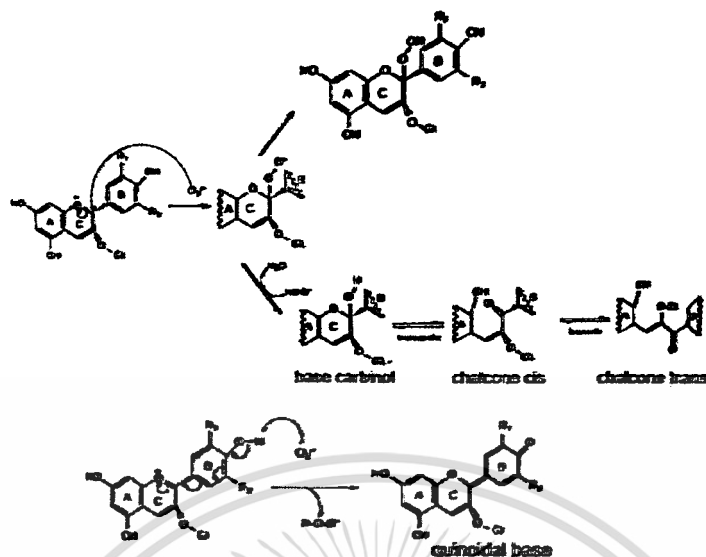
ภาพที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโธไซยานินเมื่อความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยน
ที่มา : ยุพาพร(2547)

2.1.3.3 อุณหภูมิ

ความเสถียรของแอนโธไซยานินจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิ ระดับการสลายตัวของแอนโธไซยานินจะเพิ่มขึ้นระหว่างการแปรรูปและการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น (Palamidis, N. &Markakis, P.1978 ;Maccarone et.al., 1985) การเพิ่มของอุณหภูมิในระดับ pH ที่ 2-4 จะก่อให้เกิดการสลายตัวของ glycosyl ครึ่งหนึ่งของแอนโธไซยานินโดยการสลายของพันธะ glycosidic ทำให้เกิดการสูญเสียของแอนโธไซยานิน (Adams, 1973)

3.1.3.4 ออกซิเจน

ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในสารละลายแอนโธไซยานินมีแนวโน้มในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้น โดยที่โมเลกุลของออกซิเจนจะทำปฏิกิริยากับแอนโธไซยานินในตำแหน่งที่ C-2 หรือที่หมู่ hydroxyl group ของ B-ring ได้เป็น carbinol base หรือ chalconeหรือ quinoidal base ซึ่งมีผลทำให้ flavylumcation ลดลง สีแดงของสารละลายจึงลดลง ทั้งนี้อัตราของการเกิดออกซิเดชันยังขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลาย อุณหภูมิ ความเข้มข้นของแอนโธไซยานิน (ยุพาพร,2547)



ภาพที่ 2.5 ผลของออกซิเจนต่อความคงตัวของแอนโธไซยานิน
ที่มา: ยุพาพร (2547)

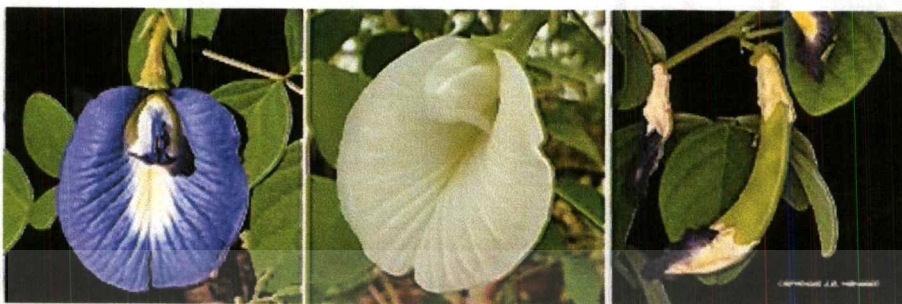
2.1.3.5 แสง

แสงจะให้ผลที่ตรงกันข้ามกันระหว่าง biosynthesis และการเสื่อมสลายของแอนโธไซยานิน โดยเฉพาะแอนโธไซยานินที่มีหมู่ hydroxyl group ที่ตำแหน่ง C-5 จะสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเนื่องจากแสงได้มากกว่าแอนโธไซยานินที่ไม่มีหมู่ hydroxyl group ที่ตำแหน่ง C-5 นอกจากนี้ แสงยังเป็นตัวเร่งให้เกิดการเสื่อมสลายจากความร้อน และการเกิด photo-oxidation ของแอนโธไซยานินจะให้ผลเหมือนกัน แอนโธไซยานินที่เสื่อมสลายด้วยความร้อนได้เป็น chalcone (เป็นโครงสร้างที่ไม่มีสี) (ยุพาพร, 2547)

2.1.3.6 กรดแอสคอร์บิก

โดยปกติกรดแอสคอร์บิกสามารถเกิดการ oxidized ได้ในสภาวะที่มีออกซิเจน copper และ hydrogen peroxide ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการจางลงของสีแอนโธไซยานิน ดังนั้นจึงถือได้ว่ากรดแอสคอร์บิกเป็นเหมือนตัวเหนี่ยวรั้งทำให้เกิดการสูญเสียแอนโธไซยานินได้ นอกจากนี้กรดแอสคอร์บิกสามารถเกิดการ condensation กับแอนโธไซยานินได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่คงตัว และเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่มีสี (ยุพาพร, 2547)

2.2 ดอกอัญชัน (Blue Pea, Butterfly Pea)



ภาพที่ 2.6 ดอกอัญชัน

ที่มา : http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_30_4.htm

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Clitoria ternatea* L.

ชื่อสามัญ : Blue Pea, Butterfly Pea

วงศ์ : LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE

ชื่ออื่น : แดงชัน (เชียงใหม่); อัญชัน (ภาคกลาง); เอื้องชัน (ภาคเหนือ)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ล้มลุกเลื้อยพัน ยาว 1-5 เมตร ใบประกอบแบบขนนก เรียงสลับ ใบย่อย 3-9 ใบ รูปรีแกมขอบขนานหรือรูปรีแกมไข่กลับ กว้าง 1-3 ซม. ยาว 2-5 ซม. ดอกเดี่ยว ออกที่ซอกใบ กลีบดอกรูปดอกถั่ว สีน้ำเงิน ม่วงหรือขาว ตรงกลางกลีบสีเหลืองหม่นขอบสีขาว ผลเป็นฝัก รูปดาบ โค้งเล็กน้อย ปลายเป็นจะงอย แตกเป็น 2 ฝา เมล็ดรูปไต จำนวน 6-10 เมล็ด

ส่วนที่ใช้ :

- กลีบดอกสดสีน้ำเงิน จากต้นอัญชันดอกสีน้ำเงิน
- รากของต้นอัญชันดอกขาว

สรรพคุณและวิธีใช้ :

- ดอกสีน้ำเงิน ใช้เป็นสีแต่งอาหาร ขนม
- ใช้กลีบดอกสด ตำเติมน้ำเล็กน้อย กรองด้วยผ้าขาวบาง คั้นเอาน้ำออก จะได้น้ำสีน้ำเงิน (Anthocyanin) ใช้เป็น indicator แทน litmus
- ถ้าเติมน้ำมะนาวลงไปเล็กน้อย จะกลายเป็นสีม่วง ใช้แต่งสีอาหารตามต้องการ มักนิยมใช้แต่งสีน้ำเงินของขนมเรไร ขนมบัวตอกไม้ ขนมขี้หนู
- รากต้นอัญชันดอกสีขาว
- ใช้เป็นยาขับปัสสาวะ ยาระบาย
- น้ำอัญชันมีส่วนช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องดื่มน้ำอัญชันช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้ร่างกายและเพิ่มพลังงานให้ร่างกาย
- มีส่วนช่วยในการชะลอวัยและรีเวอยแห่งวัย
- ประโยชน์ของดอกอัญชัน มีส่วนช่วยในการบำรุงสมอง เพิ่มการไหลเวียนเลือด
- ดอกอัญชันมีฤทธิ์ในการละลายลิ่มเลือด
- ช่วยป้องกันโรคเส้นเลือดสมองตีบ
- ช่วยรักษาอาการผมม่วง (ดอก)
- อัญชันทาผิว ทาหัว ใช้เป็นยาปลูกผม ปลูกขนช่วยให้ตกแดงงามยิ่งขึ้น (น้ำคั้นจากดอก)
- ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดเส้นเลือดอุดตัน
- ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดหัวใจอุดตัน
- ช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคเมะเร็งด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ
- ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน
- อัญชันมีคุณสมบัติในการช่วยล้างสารพิษและของเสียออกจากร่างกาย
- ช่วยบำรุงสายตา แก้อาการตาฟาง ตาแฉะ (น้ำคั้นจากดอกสดและใบสด)
- ช่วยป้องกันโรคต่อกระจุก ต้อหิน ตามเสื่อมจากโรคเบาหวาน (ดอก)
- ช่วยเพิ่มความสามารถในการมองเห็นให้ดียิ่งขึ้น
- นำรากไปใช้กับน้ำฝน นำมาใช้หยอดตาและหู (ราก)
- นำมาถูฟันแก้อาการปวดฟัน และทำให้ฟันแข็งแรง (ราก)
- ใช้เป็นยาระบาย แต่อาจทำให้คลื่นไส้อาเจียนได้ (เมล็ด)
- อัญชันสรรพคุณใช้รากปรุงเป็นยาขับปัสสาวะ (ราก,ใบ)
- แก้อาการปัสสาวะพิการ
- สรรพคุณอัญชันใช้แก้อาการฟกช้ำ (ดอก)
- ช่วยป้องกันและแก้อาการเหน็บชาตามนิ้วมือนิ้วเท้า
- นำมาทำเป็นเครื่องดื่มน้ำอัญชันเพื่อใช้ดับกระหาย
- ดอกอัญชันตากแห้งสามารถนำมาชงดื่มแทนน้ำชาได้เหมือนกัน
- ดอกอัญชันนำมารับประทานเป็นผักก็ได้ เช่น นำมาจิ้มน้ำพริกสดๆ หรือนำมาชุบแป้งทอดก็ได้
- น้ำดอกอัญชันนำมาใช้ทำเป็นสีผสมอาหารโดยให้สีม่วง เช่น ขนมดอกอัญชัน ข้าวดอกอัญชัน (ดอก)
- ช่วยปลูกผมทำให้ผมดกดำขึ้น (ดอก)
- ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ต่างๆ อย่าง ครีมนวดผม ยาสระผม เป็นต้น
- ประโยชน์ของอัญชันข้อสุดท้ายคือนิยมนำมาปลูกไว้ตามรั้วบ้านเพื่อความสวยงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัญชัน มีสรรพคุณที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว เพราะมีสารที่ชื่อว่า “แอนโทไซยานิน” (Anthocyanin) ซึ่งมีหน้าที่ไปช่วยกระตุ้นการไหลเวียนของโลหิต ทำให้เลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ได้ดีมากขึ้น เช่น ไปเลี้ยงบริเวณ รากผม ซึ่งช่วยให้ผมดกดำ เงางาม หรือไปเลี้ยงบริเวณดวงตาจึงช่วยบำรุงสายตาไปด้วยในตัว หรือไปเลี้ยง บริเวณปลายนิ้วมือ ซึ่งก็จะช่วยแก้อาการเหน็บชาได้ด้วย และที่สำคัญสารนี้ยังมีความโดดเด่นที่ใครหลายๆ คน ยังไม่ทราบนั่นก็คือ ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดเส้นเลือดอุดตันได้และการ “กินดอกอัญชันทุกวัน...วันละหนึ่ง ดอก” จะช่วยป้องกันโรคเส้นเลือดสมองตีบได้อีกด้วย

เนื่องจากดอกอัญชันนั้นมีการฤทธิ์ละลายลิ่มเลือด สำหรับผู้มีเลือดจางห้ามรับประทานดอกอัญชัน เด็ดขาด หรืออาหารเครื่องดื่มที่ย้อมสีด้วยอัญชันก็ไม่ควรรับประทานบ่อยๆ



2.3 กระบวนการเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation)

2.2.1 เอนแคปซูเลชัน (Encapsulation)

เอนแคปซูเลชันเป็นกระบวนการที่สารหรือส่วนผสมของสารถูกเคลือบด้วยสารชนิดอื่น สารที่ถูกเคลือบ (coated) หรือ ถูกยัดจับไว้ (entrapped) ส่วนใหญ่จะเป็น ของเหลว แต่บางครั้งอาจเป็นอนุภาคของแข็งหรือ ก๊าซซึ่งจะเรียกชื่อแตกต่างกันไปเช่น core material หรือ internal phase สารที่นำมาเคลือบจะเรียกว่า wall material, carrier, membrane, shell หรือ coating

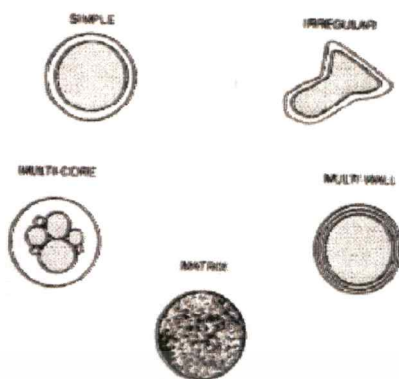


ภาพที่ 2.7 โครงสร้างของไมโครแคปซูล

ที่มา : [http://e-book.ram.edu/e-book/f/FY463\(50\)/FY463-4.pdf](http://e-book.ram.edu/e-book/f/FY463(50)/FY463-4.pdf)

รูปแบบของอนุภาคที่ได้จากการกักเก็บแบ่งได้เป็นหลายรูปแบบ เช่น อนุภาคที่ไม่เป็นทรงกลม (Irregular Shape) แบบแกนเดี่ยว (Single core) ที่สารที่ต้องการหุ้มอยู่ข้างในล้อมรอบด้วยสารที่เป็นผนังแบบหลายแกน (multi core) เป็นแบบที่มี สารที่ต้องการกักเก็บอยู่หลายชนิดในอนุภาค 1 เม็ด แบบผนังหลายชั้น (multi wall) เป็นแบบที่สารที่ต้องการกักเก็บ 1 ชนิด แล้วหุ้มด้วยผนังหลายชั้น แบบผสมเป็นเนื้อเดียวกัน (matrix type) เป็นแบบที่สารที่ต้องการกักเก็บผสมเป็นเนื้อเดียวกับผนังเป็นเม็ดอนุภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 การกักเก็บรูปแบบต่างๆ

2.2.2 ข้อดีของกระบวนการเอนแคปซูเลชัน

- เนื่องจากสารบางชนิดมีความไวต่อสภาวะแวดล้อมภายนอก เช่น แสงแดด ออกซิเจน น้ำ เป็นต้น ทำให้คุณสมบัติที่เปลี่ยนไป
- เนื่องจากสารบางชนิดระเหยได้ง่าย หากไม่มีแคปซูลมาป้องกันอาจจะเหือดหมด
- ช่วยให้การนำสารไปใช้งาน เช่น การเปลี่ยนแปลงสารที่เป็นของเหลวให้อยู่ในรูปแคปซูลที่เป็นของแข็ง ช่วยแก่การนำไปผสมกับสารอื่น และไม่จับตัวเป็นก้อน
- สามารถควบคุมการทำงานของสารให้มีการปลดปล่อยสารในบริเวณที่เหมาะสม และยังลดความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนในการใช้สาร

2.2.3 ชนิดของสารเคลือบที่ใช้ในกระบวนการเอนแคปซูเลชัน

2.2.3.1 คาร์โบไฮเดรต

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

- สตาร์ช (starch)

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

กลไกการจับตัวระหว่างสารให้กลิ่นรสและสตาร์ชแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบโดย รูปแบบแรก สารให้กลิ่นรสจะถูกล้อมรอบด้วย amylase helix โดยการจับกันเป็นแบบ hydrophobic bonding ซึ่งสตาร์ชจะกักสารให้กลิ่นรสไว้ภายในโมเลกุล (inclusion complex) รูปแบบที่สองจะเกิด polar interaction โดยพันธะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮโดรเจน (hydrogen bond) ระหว่าง hydroxyl groups ของสตาร์ชและ สารให้กลั่นรส (Arvisenet et al., 2002; Boutboul et al., 2002)

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเฉพาะของสารเคลือบแต่ละชนิดที่ใช้ในการเอนแคปซูเลท

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

ที่มา : Madene et al., 2006

- มอลโตเดกซ์ทริน
มอลโตเดกซ์ทรินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายแป้งข้าวโพดบางส่วนโดยการใช้กรดหรือเอนไซม์ โดยผลิตจำหน่ายในรูป Dextrose Equivalent (DEs) DE value เป็นการวัดระดับ (degree) ของการย่อยสลายพอลิเมอร์ของสตาร์ชซึ่ง เป็นดัชนีบ่งบอกความสามารถในการทำให้เกิดเมทริกซ์ซึ่งมีส่วนสำคัญในการทำให้เกิด การเคลือบผิว (Kenyon & Anderson, 1988; Shahidi & Han, 1993)

- กัม (Gum)
Gum arabic เป็นกัมที่ถูกนำมาใช้ในรูปของสารเคลือบเนื่องจากสามารถละลาย ได้ดี มีความหนืดต่ำ มีคุณสมบัติในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ และสามารถกักเก็บสารให้ กลิ่นรสได้ดี ไม่โครแคปซูลที่ได้จากการเอนแคปซูเลทสารให้กลิ่นรสโดยใช้เทคนิคการ อบแห้งแบบพ่นฝอย (spray-dried particles) โดยใช้ส่วนผสมของมอลโตเดกซ์ทริน และ gum arabic เป็นสารเคลือบ จะมีขนาดตั้งแต่ 10-200 ไมครอน และสามารถกักเก็บสาร ให้กลิ่นรส ได้ > 80% ขึ้นอยู่กับตัวแปรที่ใช้ระหว่างกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ได้แก่อุณหภูมิอากาศอบแห้ง, ความเข้มข้นของอิมัลชัน ความหนืด และ สัดส่วน ของ gum arabic และ มอลโตเดกซ์ทริน (Williams & Phillips, 2000)

3.2.3.2 โปรตีน (Protein)

โปรตีนจัดเป็นสารที่มีคุณสมบัติทางหน้าที่ของสารเคลือบ เช่น ค่าการละลาย (solubility), ความหนืด (viscosity), emulsification และ คุณสมบัติของการทำให้เกิด ฟิล์ม ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้ดีในกระบวนการ เอนแคปซูเลชัน ระหว่างการเกิดอิมัลชัน โมเลกุลของโปรตีนจะดูดซับที่บริเวณ oil-water interface อย่างรวดเร็วทำให้เกิด stericstabilizing layer ขึ้นทันทีจึงสามารถปกป้องหยดน้ำมัน (oil droplets)จากการ กลับมา รวมตัวอีกครั้ง (recoalescence) ทำให้เกิดความเสถียรทางกายภาพของอิมัลชันระหว่าง กระบวนการ ผลิตและการเก็บรักษา (Dalgleish, 1997; Dickenson, 2001)

- เวย์โปรตีน (Whey protein)

เวย์โปรตีนจะให้คุณสมบัติทางหน้าที่ (functional properties) ที่ต้องการในการ ใช้เป็นสารเคลือบ (Amrita et al., 1999) เวย์โปรตีนที่จัดจำหน่ายใน international market จะอยู่ในรูปของ whey protein isolates (มีปริมาณโปรตีน 95-96%) หรือ whey protein concentrate (WPC-50, WPC-70) powder เวย์โปรตีนเป็นสารเคลือบที่สามารถต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในการ เอนแคปซูเลชันน้ำมันส้ม (microencapsulated orange oil) โดยใช้เทคนิคการอบแห้งแบบ พ่นฝอย (Kim & Morr, 1996) การใช้เวย์โปรตีนร่วมกับคาร์โบไฮเดรตสามารถใช้เป็น สารเคลือบในการเอนแคปซูเลชันสารให้กลิ่นรส (Young et al., 1993b; Sheu & Rosenberg, 1995) โดยเวย์โปรตีนจะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์และทำให้เกิดฟิล์มใน ขณะที่คาร์โบไฮเดรต (มอลโตเดกซ์ทริน หรือ corn syrup solids) จะทำหน้าที่เป็นสารที่ ทำให้เกิดเมทริกซ์ (Sheu & Rosenberg, 1998)

- โปรตีนชนิดอื่นๆ

Protein-based material เช่น polypeptone, โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein) หรือ อนุพันธ์ของเจลาติน (gelatin derivative) มีคุณสมบัติในการทำให้เกิดอิมัลชันที่เสถียร กับสารให้กลิ่นรส

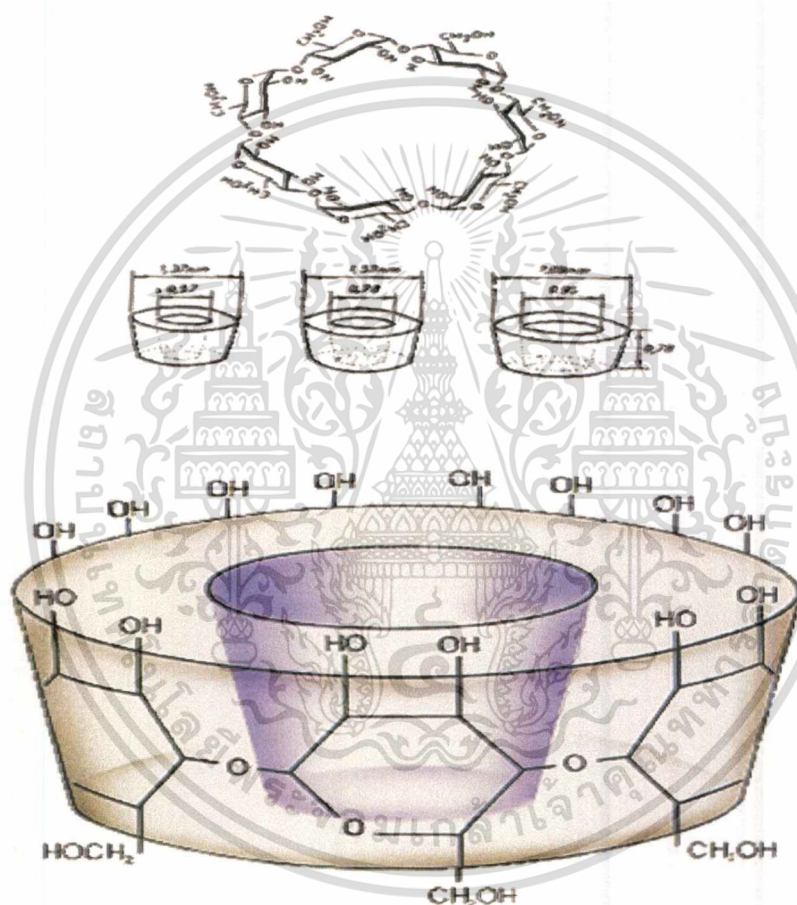
เจลาตินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายคอลลาเจน (collagen) ถูกนำมาใช้ ในรูปของสารเคลือบ ในการเอนแคปซูเลชันสารให้กลิ่นรสโดยเทคนิค complex coacervation และ เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Ducel et al., 2004) เนื่องจาก สามารถละลายน้ำได้ดีและมีคุณสมบัติในการเคลือบผิว (Lee et al., 1999) ไมโคร แคปซูลของสารให้กลิ่นรสที่ได้โดยใช้เจลาตินเป็นสารเคลือบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส (seasoning) (Gourdel & Tronel, 2001)

3.2.4 เทคนิคที่ใช้ในการเอนแคปซูเลชัน (Encapsulation techniques)

การเอนแคปซูเลชันสารสามารถทำได้หลายวิธี วิธีการที่ใช้อย่างแพร่หลายใน ระดับอุตสาหกรรมได้แก่ เทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying) และ เอ็กซ์ทรูชัน (extrusion) (Beristain et al., 1996; Goubet et al., 1998) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ เทคนิคอื่นๆเช่น สเปรย์ชิลลิ่งและคูลลิ่ง (spray chilling and cooling), coacervation, การเคลือบโดยใช้เทคนิคฟลูอิดไรซ์เบด (fluidized bed coating), การใช้ไลโปโซม ในการ หุ้ม (liposome entrapment), inclusion complexation และ เทคนิคการอบแห้งแบบแช่ เยือกแข็ง (freeze drying)

2.4 เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน (β -cyclodextrin)

β -cyclodextrin เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ที่สังเคราะห์ได้จากสตาร์ช (starch) ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) บริเวณตรงกลางโมเลกุลจะมีลักษณะเป็น hydrophobic ส่วนที่ผิววนออกจะมีลักษณะเป็น hydrophilic



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของ β - cyclodextrin
ที่มา : Reineccius (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานิน

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานิน แอนโธไซยานินที่เพ่งสกัดจากผักผลไม้โดยปกติจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดอยู่ในช่วง ความยาวคลื่น 500 – 535 นาโนเมตร ประกอบกับสารประกอบ phenolic อื่น ๆ ที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วงความยาวคลื่นที่ห่างออกไป ซึ่งคือ ฟลาโวนอยด์ ค่าการดูดกลืนแสง สูงสุดอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 350 – 380 นาโนเมตร สามารถใช้วิธีง่าย ๆ ในการคำนวณปริมาณ ของแอนโธไซยานินรวม ได้โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่สกัดได้ที่ค่าความยาวคลื่นที่เหมาะสม (Francis, 1982) และนำมาคำนวณหาปริมาณของแอนโธไซยานินรวมได้ ดังนี้ (ดัดแปลงจาก Fuleki and Francis, 1968)

1. หา Dilution Factor (DF) $= (TV/SV) * DV$
2. ปริมาณแอนโธไซยานินรวม (มิลลิกรัม) $= (OD * DF) * \frac{1}{E^{1\%1cm/10}}$

หมายเหตุ

TV คือ ปริมาตรของสารละลายที่สกัดทั้งหมด (มิลลิลิตร)

SV คือ ปริมาตรของสารละลายสกัดที่เตรียมสำหรับเจือจางสำหรับวัดค่าการดูดกลืนแสง (มิลลิลิตร)

DV คือ ปริมาตรของสารละลายสกัดที่ใดเจือจางแล้ว (มิลลิลิตร)

O.D. คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากสารละลายสกัดที่เจือจางแล้ว

$E^{1\%1cm/10}$ คือ ค่า Extinction coefficient ได้จากค่าเฉลี่ยโดยน้ำหนักโมเลกุลของแอนโธไซยานินทุกตัวที่มีอยู่ในพืชตัวอย่างชนิดนั้นๆ

ดังตัวอย่างของการคำนวณจาก Lee and Francis (1972) ในการคำนวณหาปริมาณของแอนโธไซยานินจากน้ำแครนเบอร์รี่ดังนี้คือในการสกัดใช้ตัวอย่างของผลแครนเบอร์รี่จำนวน 100 กรัม ทำการสกัดสารละลายได้ปริมาตรรวมทั้งหมดเท่ากับ 500 มิลลิลิตร (TV) ทำการแบ่งสารละลายออกมาจำนวน 2 มิลลิลิตร (SV) ทำการเจือจางเป็นปริมาตร 100 มิลลิลิตร (DV) ในสารละลายเอธานอลและกรดเกลือเข้มข้น 1.5 นอร์มัล (อัตราส่วน 85 ต่อ 15 โดยปริมาตร) เพื่อใช้ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงได้ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่เจือจางแล้วที่ค่าความยาวคลื่น 535 นาโนเมตรเท่ากับ 0.250 (OD) นำมาคำนวณหาปริมาณของแอนโธไซยานินรวมได้ดังนี้คือ

1. หา Dilution Factor (DF) $= (TV/SV) * DV$
 $= (500/2) * 100$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 25,000$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ ปริมาณแอนโธไซยานินรวม (มิลลิกรัม)} &= (\text{OD} * \text{DF}) * \frac{1}{E^{1\%1\text{cm}} / 10} \\ &= (0.250 * 25,000) / 98.2 \\ &= 63.40 \text{ มิลลิกรัมแอนโธไซยานินต่อ} \end{aligned}$$

ผลแครนเบอร์รี่ 100 กรัม

โดยที่ค่า 98.2 คือค่าสัมประสิทธิ์ (Extinction coefficient; E) เฉลี่ยของแอนโธไซยานินทั้งหมดที่พบในผลแครนเบอร์รี่จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายในเซลล์ขนาด 1 เซนติเมตรที่มีความยาวคลื่น 535 นาโนเมตรและมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ ร้อยละ 1 (w/v) ค่า E เฉลี่ยสำหรับแอนโธไซยานินของผลแครนเบอร์รี่ในสารละลายแอลกอฮอล์เท่ากับ 982 แต่ในการคำนวณหาปริมาณของแอนโธไซยานินรวมจะคำนวณค่าแอนโธไซยานินรวมเป็นมิลลิกรัม ในขณะที่ค่า E ที่กำหนดสำหรับสารละลายร้อยละ 1 คือค่าที่กำหนดสำหรับ 10 มิลลิกรัมต่อสารละลาย 1 มิลลิลิตร ดังนั้นจึงต้องหารค่า E ด้วย 10 ก่อน ดังนั้นจะได้ $(E^{1\%1\text{cm}}/10) = 98.2$ จึงนำไปคำนวณในสูตร (Fuleki and Francis, 1968)

ในกรณีไม่ทราบค่า $E^{1\%1\text{cm}}$ ของแอนโธไซยานินในตัวอย่าง Fuleki and Francis (1968) แนะนำให้ใช้ค่า $E^{1\%1\text{cm}}$ ของผล cranberry แทนในการคำนวณหาปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด ซึ่งสามารถตัดความผิดพลาดจากการคำนวณทั้งได้เมื่อใช้คำนวณเปรียบเทียบปริมาณแอนโธไซยานินที่สกัดได้

Du and Francis (1973) คำนวณหาปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของดอกกระเจี๊ยบแดง (Hibiscus sadbariffa L.) ซึ่งสกัดโดยใช้ความเข้มข้นร้อยละ 1 ของไฮโดรคลอริกในเมทานอล คำนวณโดยใช้ค่า Molar extinction coefficient ของ delphinidin-3-glucoside มีค่าเท่ากับ 29000 และ M.W มีค่าเท่ากับ 518.5 และ $E^{1\%1\text{cm}}$ ของ delphinidin-3-glucoside มีค่าเท่ากับ 559 ซึ่งพบว่าปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของดอกกระเจี๊ยบแดงมีค่าเท่ากับ 1.5 กรัม/100 กรัม ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งคิดในรูปของ delphinidin 3-glucoside

Bronnum-Hansen and Flink (1986) สกัดแอนโธไซยานินจากกาก elderberry โดยนำกาก 5 กรัม มาทำการสกัดด้วยโดยการบดผสมกับตัวทำละลาย 50 มิลลิตรและรินน้ำที่ได้ออกแล้วใส่ตัวทำละลาย 50 มิลลิตรจากนั้นทิ้งสารสกัดที่ได้ไว้ ที่อุณหภูมิ ห้อง 2-30 นาที (ทั่วไป 10 นาที) พร้อมทั้งกวนและกรองออกกากที่ได้จะนำมาสกัดซ้ำอีกโดยกวนตัวทำละลาย 50 มิลลิตรที่เพิ่มเข้ามาและ 26 กรอง ในแต่ละขั้นปริมาณสารสกัดที่ได้นำมาวัดปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดโดยใช้วิธี pH different และพบว่าปริมาณแอนโธไซยานินอยู่ในรูป cyanidin-3-glucoside เป็นส่วนใหญ่ในผล elderberry โดย Bronnum-Hansen and Flink (1985) คำนวณปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของ ผล elderberry (Sambucus nigra L.) โดยใช้ค่า E ของ cyanidin-3-glucoside ซึ่งมีค่าเท่ากับ 851

Giusti and Wrolstad (1996) ศึกษาแอนโธไซยานินของ Red Radish (*Raphanus sativus* L.) สกัดโดยนำตัวอย่างที่แช่แข็งจาก liquid nitrogen มาผสมกับอะซิโตน แล้วกรองด้วย Buchner funnel ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 กรองตัวอย่างซ้ำด้วยอะซิโตน (30:70 v/v) จนกระทั่งได้สารละลายใสไม่มีสี แล้วแยกชั้นด้วยตัวทำละลาย (1:2 acetone: chloroform v/v) และเก็บขามคีนที่ 1 อนุภาคเซลเซียส จากนั้นใส่ใน Buchi rotavapor ที่ 40 องศาเซลเซียส เพื่อระเหยอะซิโตนทั้งหมดออกใช้เวลา 5-10 นาทีและนำไปปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น วัดปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดโดย วิธี pH different วัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420, 510 และ 700 นาโนเมตรและคำนวณหาปริมาณแอนโธไซยานิน pelargonidin-3-glucoside มีค่า Extinction coefficient เท่ากับ 31600 Lcm-1mol-1 และ MW เท่ากับ 433.2 g L-1 ซึ่งพบว่าปริมาณแอนโธไซยานิน epidermal tissue 154 ± 13 mg/100g

Gary et al. (1997) พบแอนโธไซยานิน delphinidin 3-glucoside, petunidin 3-glucoside และ malvidin 3-glucoside ในถั่วดำสายพันธุ์ *Phaseolus vulgaris* L. ซึ่งทำการสกัดโดยนำถั่วดำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 30 – 40 mesh นำถั่วดำผง 500 มิลลิกรัม มาผสมกับ 0.5 % ไฮโดรคลอริกในเมทานอล 50 มิลลิตรใส่ในขวดรูปชมพูนขนาด 125 มิลลิตรเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงและนำมาแยกบางครั้งจากนั้นกรองสารละลายโดยใช้กระดาษ Whatman เบอร์ 4 และส่วนที่เหลือนำมาสกัดซ้ำจนไม่มีสีและระเหยเอาตัวทำละลายออกจากนั้นนำมาละลายในกรดฟอสฟอริก 10 เปอร์เซ็นต์ด้วยยางถูกเก็บใน Extrelut 20 cartridge และสกัดอีกครั้งด้วยเฮกเซน และเอทิลอะซิเตต เพื่อกำจัดสารไม่มีขั้วและฟลาโวนอยด์อื่นๆ และปริมาตรสุดท้ายถูกปรับเป็น 100 มิลลิตร ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดคำนวณโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 537 นาโนเมตรค่า delphinidin 3-glucoside มีค่าเท่ากับ 27300 และ M.W มีค่าเท่ากับ 465 ซึ่งพบว่าปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของถั่วดำ มีค่าเท่ากับ 213 ± 2 มิลลิกรัม/100 กรัมของน้ำหนักแห้ง ซึ่งคิดในรูปของ delphinidin 3-glucoside

Hallie et al. (n.d.) แอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุที่พบทั่วไปในธรรมชาติซึ่งถูกจัดอยู่ในประเภทฟลาโวนอยด์มีคุณสมบัติสำคัญในการเป็นสารแอนติออกซิแดนต์ (antioxidant) ซึ่งช่วยในการป้องกันโรคมะเร็งโรคหัวใจอภัย และโรคหลอดเลือดหัวใจในงานวิจัยศึกษาจำนวนและชนิดของแอนโธไซยานินในแหล่งเพาะปลูกต่างๆ และสายพันธุ์ของถั่วพุ่ม (cowpea) สายพันธุ์ *Vigna unguiculata* เพื่อใช้ในการปรับปรุงโดยพบว่าถั่วพุ่มสีดำสายพันธุ์ 95-356 พบแอนโธไซยานิน 3 ชนิดคือ delphinidin, peonidin และไม่ทราบชื่อ (unknown)

Yip and Wong (2000) แอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุฟลาโวนอยด์ที่ละลายในน้ำพบทั่วไปในดอกไม้ผลไม้และพืชที่ส่วนใหญ่มีสีแดง ม่วงและน้ำเงิน นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมอาหารได้มีการประยุกต์ใช้แอนโธไซยานินในการเป็นสีผสมอาหาร Yip and Wong (2000) ได้ศึกษาการสกัดแอนโธไซยานินโดยใช้เอทานอลในการสกัดที่เปลือกเมล็ดสีดำ *Vigna sinensis* และวิเคราะห์โดยวิธี HPLC พบว่า มีแอนโธไซยานิน 3 ชนิดคือ cyanidin-3-glucoside, delphinidin-3-glucoside และ petunidin-3-glucoside

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity)

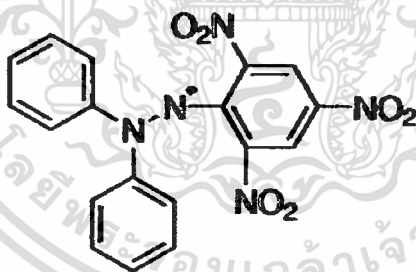
วิธี DPPH (2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical) (Hou et al., 2001) อนุมูล DPPH• เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วง อยู่ในรูปอนุมูลอยู่แล้ว โดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูลเหมือนกับอนุมูล ABTS+• การวิเคราะห์เป็นการวัดความสามารถของสารทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีไฮโดรเจนอะตอม การวัดทำโดยใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) วัดการลดลงของสีเมื่อเติมสารต้านออกซิเดชันลงไป โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร DPPH radical ใช้ในการทดสอบความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระของสารตัวอย่าง (scavenging activity) สารละลายของ DPPH• มีสีม่วงในเอทานอลและเมื่อได้รับ H จะเปลี่ยนเป็นสารละลายสีเหลือง ตามสมการดังนี้ (Blois, 1958)



สีม่วง ตัวอย่างทดสอบ สีเหลือง

ค่าที่วัดได้จะแสดงความสามารถในการสารต้านออกซิเดชันออกมาในค่า % inhibition ตามสมการดังนี้

$$\% \text{ inhibition} = [(A_{517} \text{ control} - A_{517} \text{ test sample}) / A_{517} \text{ control}] \times 100$$



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างทางเคมีของ DPPH radical

ที่มา : <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/d9132?lang=en®ion=US>

ข้อดีของวิธีนี้ คือ ทำได้ง่าย นิยมใช้เป็นวิธีเบื้องต้นในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลของสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ

ข้อเสียของวิธีนี้ คือ อนุมูล DPPH• มีความคงตัวไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถแยกแยะจัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกียรติศักดิ์ (2534) ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโธไซยานินส์ จากดอกอัญชันและศึกษาเสถียรภาพของสารละลายสกัดแอนโธไซยานินส์ ซึ่งพบว่าภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแอนโธไซยานินส์จากดอกอัญชันเพื่อให้ได้ปริมาณแอนโธไซยานินส์สูงสุด คือใช้สารละลายกรดhydrochloric pH 4.5 เป็นตัวทำละลายในการสกัด โดยมีอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายกับ ดอกอัญชันแห้งเท่ากัน 120:3 ใช้เวลาในการสกัด 73 นาที และการเขย่าในระหว่างการสกัดสามารถสกัดแอนโธไซยานินส์ได้มากกว่าเมื่อไม่มีการเขย่าในระหว่างการสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การสกัดหนึ่งครั้งจะให้ปริมาณแอนโธไซยานินส์มากกว่าร้อยละ 90 เมื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการเก็บสารละลายสกัดแอนโธไซยานินส์ พบว่าการเก็บสารละลายสกัดที่อุณหภูมิห้องเย็น (4+1 c) ให้ผลในการลดการลดลงของปริมาณแอนโธไซยานินส์ทั้งหมด (TAcY) และให้ผลในการลดการเพิ่มขึ้นของปริมาณ polymeric colour (PC) ได้ดีกว่าการเก็บสารละลายสกัดที่อุณหภูมิห้อง (30+1c)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยที่ค่าครึ่งชีวิตของสารละลายสกัดมีค่า 81 และ 48 วัน ตามลำดับ ส่วนผลของการใช้วัตถุเจือปนอาหารในการรักษาเสถียรภาพของสารละลายสกัด พบว่าการใช้ glutathione ร่วมกับ tartaric acid สามารถลดการลดลงของปริมาณ TAcY และระดับที่เหมาะสมคือ 20:400 มิลลิกรัมต่อสารละลายสกัด 100 มิลลิตร โดยพิจารณาจากผลในการลดการลดลงของปริมาณ TAcY และผลในการลดการเพิ่มขึ้นของปริมาณ PC นอกจากนี้ยังพบว่าการเติมสารประกอบ phenolics (caffeic acid, rutin และ (+)-catechin) ในสารละลายสกัดจะสามารถลดการลดลงของปริมาณ TAcY ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่การใช้สารประกอบ phenolics จะให้ผลเร่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณ PC ในสารละลายสกัด โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้ (+)-catechin เมื่อพิจารณาค่าครึ่งชีวิตของสารละลายสกัดที่มีการใช้วัตถุเจือปนอาหาร พบว่ามีค่ามากกว่า 98 วัน

เสรี (2545) พัฒนาหนังสือธรรมชาติจากกระเจี๊ยบแดงเพื่อนำมาใช้เป็นสีย้อมกระดาดสา ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกกระเจี๊ยบแดงแห้งในระบบนํารอง พบว่ากระบวนการการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกกระเจี๊ยบแดงแห้ง ที่เหมาะสม คือ การสกัดด้วยน้ำ ด้วยอัตราส่วนดอกกระเจี๊ยบแดงแห้งต่อน้ำ เท่ากับ 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 60 นาทีได้สารละลายสีแดงที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดร้อยละ 4.3 ระเหยน้ำออกภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายสีแดงเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดร้อยละ 16

บุศรารัตน์ (2547) ศึกษาสภาวะเหมาะสมในการสกัดแอนโธไซยานินจากกลีบกระเจี๊ยบแดง พบว่าชนิดตัวทำละลายและความเข้มข้น - ด่างที่เหมาะสม คือ น้ำ : เอทานอล (1:1) ปรับความเข้มข้นด่าง เป็น 2.5 ดวกรตไฮโดรคลอริกอัตราส่วนระหว่างกลีบกระเจี๊ยบแดงต่อตัวทำละลายเป็น 1:4 โดยศึกษาการทำเข้มข้นสารละลายสกัดแอนโธไซยานินโดยทำเข้มข้นแบบสุญญากาศ พบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ ทำเข้มข้นที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาทีโดยปริมาตรสารละลายสกัดแอนโธไซยานินเริ่มต้นเท่ากับ 230 มิลลิลิตรระเหยจนได้สารละลายสกัดแอนโธไซยานินเข้มข้นเท่ากับ 70 มิลลิลิตร

นัยวิ (2538) ศึกษาความเป็นไปได้ ในการผลิตและการใช้สีแดงธรรมชาติจากดอกกระเจี๊ยบแดง โดยการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกกระเจี๊ยบแดงแห้ง พบว่ากระบวนการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกกระเจี๊ยบแดงแห้ง ที่เหมาะสมคือการสกัดด้วยน้ำ ด้วยอัตราส่วนดอกกระเจี๊ยบแดงแห้งต่อน้ำ เท่ากับ 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 80 นาทีได้สารละลายสีแดงที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดร้อยละ 5 ระเหยน้ำออกภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายสีแดงเข้มข้นที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดร้อยละ 18

นัยวิ (2538) ใช้สภาวะในการทำแห้งสารละลายจากดอกกระเจี๊ยบแห้งคือใช้อุณหภูมิลมร้อนเขา 200 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลมออก 100 ± 3 องศาเซลเซียส ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมดร้อยละ 18 และเติมมอลโตเดกซ์ตรินปริมาณ ร้อยละ 35 ของปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมดของสารละลายสีแดงเข้มข้นจนสารละลายมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำทั้งหมดร้อยละ 20 ถึง 25

ระวีวรรณ แก้วอมตวงศและทรงพร จิงมันคง ได้ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพืชสมุนไพรที่พบทั่วไปในจังหวัดอุบลราชธานี 8 ชนิด ได้แก่ เหียง กระบองแฉ่ง ลักคา หูเสือ เอนอา มะพอก มะสัง และตุ้มกาขาว ด้วยการนำส่วนต่างๆ ของพืชมาสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย ethyl acetate และ ethanol ได้สารสกัดชั้น ethyl acetate และ ethanol ทั้งหมด 36 สารสกัดจากนั้นทดสอบการยับยั้งอนุมูลอิสระโดยใช้ DPPH พบว่าสารสกัดชั้น ethanol แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้สูงกว่าสารสกัดในชั้น ethyl acetate โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 19.8+2.3 ถึง 51.4+1.3 เมื่อใช้สารสกัดเข้มข้นเดียวกัน (500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) มีค่า vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) อยู่ในช่วง 4.4+7.2 ถึง 105.9+4.3 มิลลิกรัมวิตามินซี/100 กรัมสารสกัด ส่วนการหาปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดชั้น ethanol โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu พบว่าปริมาณสารฟีนอลรวมในสารสกัดนี้จะอยู่ในช่วง 5.4+0.1 ถึง 41.5+0.3 มิลลิกรัมแกลลิกแอซิด/กรัมสารสกัด เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลรวมกับการมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.6

Seda และคณะ (2007) ได้ทำการกักเก็บสารสกัดแอนโธไซยานินจากแครอทดำ โดยใช้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย มีอัตราป้อนสาร 5 มิลลิลิตร/นาที โดยการทดลองจะใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ค่าที่ 160 ,180 และ 200 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อมีการใช้อุณหภูมิในการอบสูงขึ้นปริมาณแอนโธไซยานินที่กักเก็บได้จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณน้อยลง โดยจะมีปริมาณแอนโธไซยานินมากที่สุดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส และได้ทดลองเป็นสารที่ใช้เป็นผนัง โดยใช้เป็นแป้งมอลโตเดกซ์ตริน ที่มีค่า DE ต่างกันพบว่าแป้งมอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE ต่างกันจะมีค่าการกักเก็บที่ต่างกัน โดยแป้งที่มีค่าการกักเก็บสารสูงสุดมีค่า DE 20-23

Renatal และคณะ (2010) ได้ทำการกักเก็บสารแอนโธไซยานินที่สกัดมาจาก ผลอาไซ (acai) โดยใช้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนสาร 15 กรัม/นาที โดยใช้สารที่เป็นผนัง 4 ชนิด คือ แป้งมอลโตเดกซ์ตรินและกัมอะราบิกให้ค่าการกักเก็บสารแอนโธไซยานินที่ใกล้เคียงกันและแป้งมันสำปะหลังจะให้ค่าการกักเก็บน้อยที่สุดเนื่องจากแป้งมอลโตเดกซ์ตรินและกัมอะราบิกเป็นแป้งที่สามารถละลายน้ำได้ทำให้เกิดการกักเก็บในระหว่างกระบวนการอบแห้งแบบพ่นฝอยจะไม่เกิดการกักเก็บขึ้น แต่จะแห้งแบบเป็นผงของแป้งแยกกับผลของน้ำผลไม้

D.M. Jimenez-Aguilar และคณะ (2011) ได้ศึกษาถึงเสถียรของสารที่สกัดจากบลูเบอร์รี่โดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย โดยมีปริมาณของแข็ง 35% โดยน้ำหนัก พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นความชื้นที่มีในเม็ดอนุภาคจะน้อยลง และเมื่อลดอุณหภูมิและเพิ่มอัตราป้อนสารปริมาณแอนโธไซยานินที่กักเก็บได้จะมีปริมาณมากขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิขาออกมีค่าต่ำลง โดยที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส อัตราป้อนสาร 9.1 และ 9.6 มิลลิลิตร/นาที จะมีอัตราการสลายตัวของแอนโธไซยานินที่ประมาณ 4%

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

- 3.1.1 ดอกอัญชันสด
- 3.1.2 เบต้าไซโคลเด็คทรีน (β-cyclodextrin)
- 3.1.3 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)
- 3.1.4 เอทานอล 99.8% (Absolute ethanol)
- 3.1.5 กรดไฮโดรคลอริก (HCl)

3.2 อุปกรณ์

- 3.2.1 เครื่องอบลมร้อน (Tray Dry)
- 3.2.2 เครื่องชั่งสาร
- 3.2.3 เครื่อง magnetic stirrer
- 3.2.4 เครื่อง pH meter
- 3.2.5 เครื่องผสมความเร็วสูง (Homogenizer)
- 3.2.6 เครื่อง spectrophotometer

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

1. นำดอกอัญชันสดที่ได้มาล้างด้วยน้ำสะอาด
2. ทำให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปใส่ในถาดตะแกรงสำหรับเครื่องอบลมร้อน
3. นำถาดตะแกรงเข้าเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง

3.3.2 การสกัดสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน

3.3.2.1 สกัดสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันด้วยกรด HCl pH 4.5 (ที่อัตราส่วน 1 : 4 ของดอกอัญชันแห้งกับสารละลายกรด HCl 0.1M pH 4.5)

1. เตรียม 0.1M HCl ที่ pH 4.5 โดยปรับ pH ของน้ำกลั่นปริมาณ 1 ลิตร ให้เท่ากับ 4.5 (ภาคผนวก ก)
2. นำดอกอัญชันอบแห้ง 1 ส่วนมาบดละเอียดใส่ในบีกเกอร์
3. ตวง 0.1M HCl pH 4.5 ที่เตรียมไว้ มา 4 ส่วนใส่ในบีกเกอร์ที่มีอัญชันบดละเอียดอยู่
4. ผสมให้เข้ากันโดยใช้แท่งแก้ว
5. ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟลอยด์ทิ้งไว้เป็นเวลา 80 นาที
6. จากนั้นกรองสารสกัดแอนโธไซยานินที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง
7. นำสารสกัดแอนโธไซยานินที่ได้เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.3.2.1 สกัดสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันด้วยความร้อน (ที่อัตราส่วน 1 : 4 ของดอกอัญชันแห้งกับน้ำกลั่น)

1. นำดอกอัญชันอบแห้ง 1 ส่วน มาบดละเอียดใส่ในบีกเกอร์
2. ตวงน้ำกลั่นมา 4 ส่วน ใส่ในบีกเกอร์ที่มีอัญชันบดละเอียดอยู่
3. ผสมให้เข้ากันโดยใช้แท่งแก้ว
4. นำส่วนผสมที่เข้ากันไปใส่ในหม้อต้มเป็นเวลา 80 นาที (ต้องคอยรักษาระดับน้ำให้คงที่อยู่เสมอ)
5. จากนั้นพักให้เย็นแล้วกรองสารสกัดแอนโธไซยานินที่ได้ด้วยผ้าขาวบาง
6. นำสารสกัดแอนโธไซยานินที่ได้เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.3.3 ขั้นตอนการเอนแคปซูเลชัน

ทำการเอนแคปซูเลชันที่อัตราส่วนเบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินต่อสารสกัดแอนโธไซยานิน 1:5 2:5 และ 3:5

1. นำสารละลายแอนโธไซยานินที่สกัดได้ 5 ส่วนใส่ในปิกเกอร์
2. นำเบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินมา 1, 2 และ 3 ส่วน ตามลำดับใส่ในปิกเกอร์ที่มีสารละลายแอนโธไซยานิน
3. ผสมกันโดยใช้เครื่องผสมความเร็วสูงที่ความเร็วรอบ 16000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 3 นาที
4. จากนั้นนำไปกรองด้วยผ้าขาวบาง
5. นำสารละลายแอนโธไซยานินที่ผ่านการเอนแคปซูเลชัน เก็บในขวดสีชา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.3.4.1 วิเคราะห์หาปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด (ภาคผนวก ข)

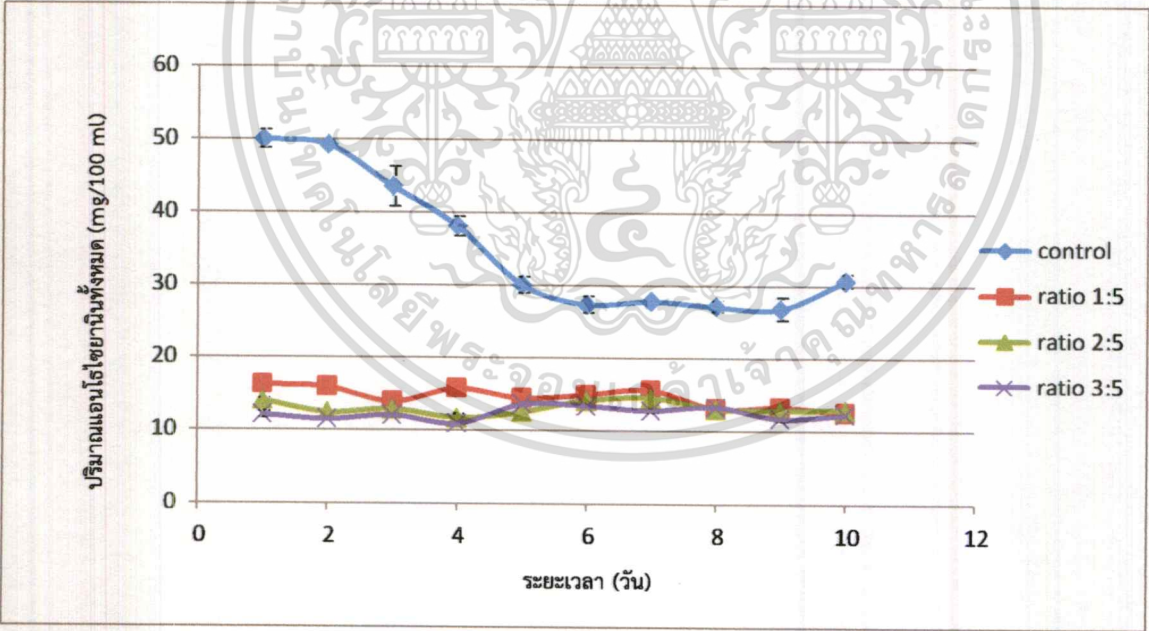
3.3.4.2 วิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity) (ภาคผนวก ค)

บทที่ 4

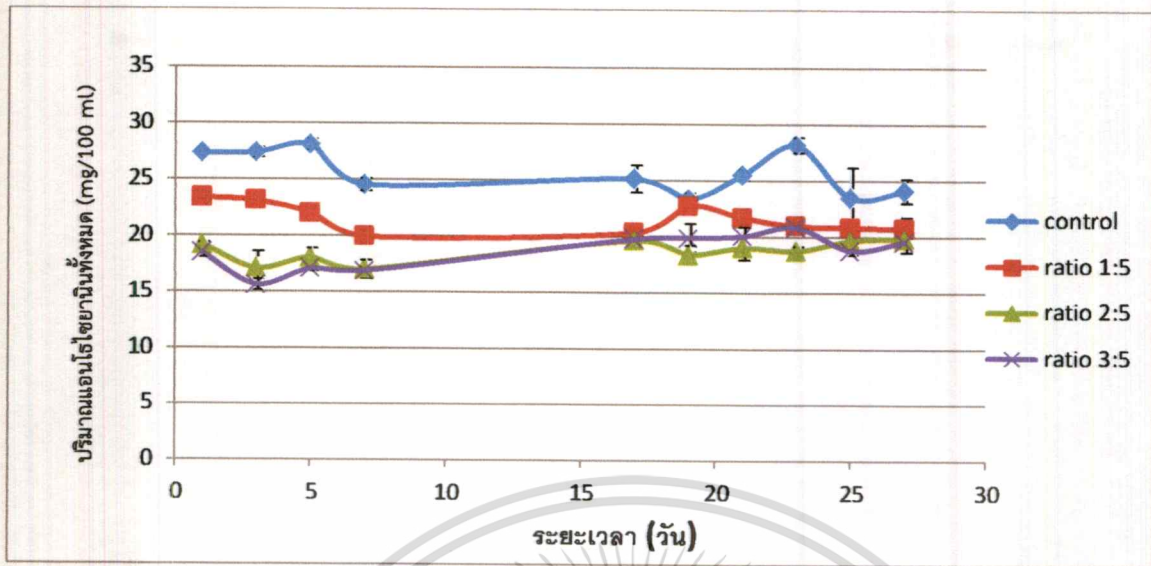
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 และสกัดด้วยความร้อน เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 ให้เสถียรภาพดีกว่าการสกัดด้วยความร้อนจะสังเกตได้จากภาพที่ 4.1-4.2 กราฟแสดงปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อนและสกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 ตามลำดับ จากกราฟพบว่า ที่เส้นปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของ Control จากการสกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 มีความเสถียรตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนการสกัดด้วยความร้อนปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดลดลงอย่างรวดเร็ว ที่ผลเป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากผลของอนุมูลต่อการสลายตัวของแอนโธไซยานิน



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดของสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อน ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน อัตราส่วน 1:5 2:5 และ 3:5 เทียบกับ control (สารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อนที่ไม่ผ่านการเอนแคปซูเลชัน)



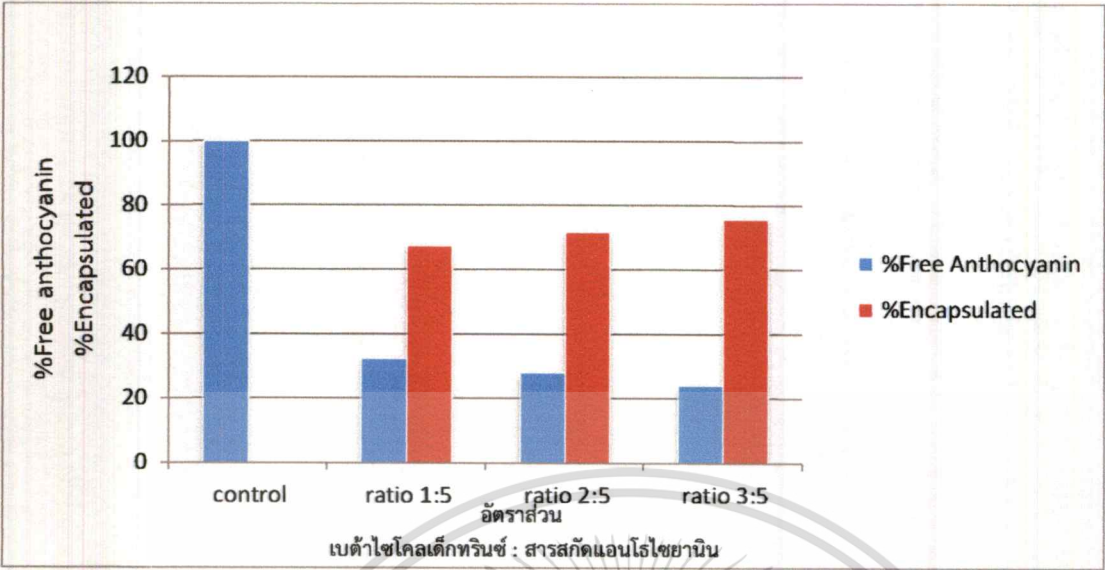
ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงปริมาณแอมโมไนเนียมของสารสกัดแอมโมไนเนียมที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน อัตราส่วน 1:5 2:5 และ 3:5 เทียบกับ control (สารสกัดแอมโมไนเนียมที่สกัดด้วยความร้อนที่ไม่ผ่านการเอนแคปซูเลชัน)

และเมื่อทำการเอนแคปซูเลชันสารสกัดแอมโมไนเนียมจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยความร้อนและกรด Hcl pH 4.5 โดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินเป็นสารห่อหุ้ม ที่อัตราส่วน เบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินต่อสารสกัดแอมโมไนเนียม 1:5 2:5 และ 3:5 พบว่า สารสกัดแอมโมไนเนียมจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยความร้อนที่ไม่ผ่านการเอนแคปซูเลชันโดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินเป็นสารห่อหุ้ม ที่อัตราส่วน เบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินต่อสารสกัดแอมโมไนเนียม 1:5 2:5 และ 3:5 มีปริมาณแอมโมไนเนียมทั้งหมดใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา สังเกตจากภาพที่ 4.1 ส่วนสารสกัดแอมโมไนเนียมจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 ที่ผ่านการเอนแคปซูเลชันโดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินเป็นสารห่อหุ้ม ที่อัตราส่วน 1:5 ให้ปริมาณแอมโมไนเนียมทั้งหมดมากที่สุด มีปริมาณแอมโมไนเนียมทั้งหมดใกล้เคียงกับ Control (สารสกัดแอมโมไนเนียมที่ไม่ผ่านการเอนแคปซูเลชัน) สังเกตจากภาพที่ 4.2

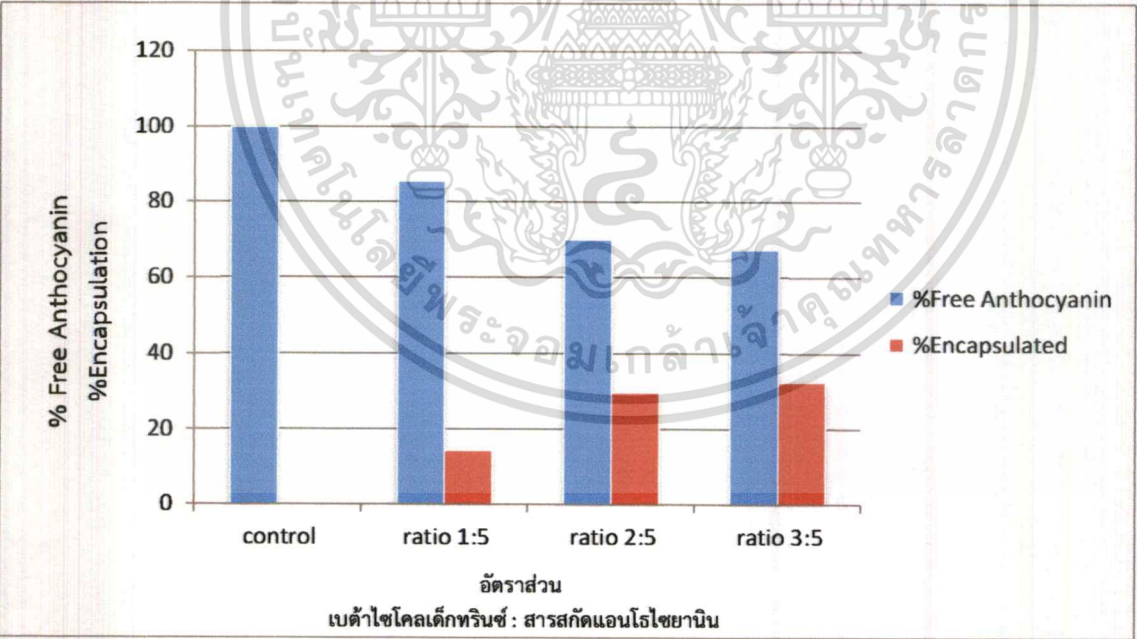
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเปอร์เซ็นต์แอนโธไซยานินอิสระ (%Free Anthocyanin) และเปอร์เซ็นต์การเอนแคปซูเลท (%Encapsulate) ของสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยความร้อนและกรด Hcl pH 4.5 ดังภาพที่ 4.3 – 4.4 พบว่า สารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยความร้อนที่ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน ที่อัตราส่วน เบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินต่อสารสกัดแอนโธไซยานิน 1:5 2:5 และ 3:5 มีเปอร์เซ็นต์แอนโธไซยานินอิสระ (%Free Anthocyanin) เท่ากับ 32.59% , 28.11% และ 24.12% ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์การเอนแคปซูเลท (%Encapsulate) เท่ากับ 67.41% , 71.81% และ 75.88% ตามลำดับ จากเปอร์เซ็นต์แอนโธไซยานินอิสระ (%Free Anthocyanin) และเปอร์เซ็นต์การเอนแคปซูเลท (%Encapsulate) ของสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อน ข้างต้น สรุปได้ว่า สารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยความร้อนถูกเอนแคปซูเลทด้วยเบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินในปริมาณมาก จึงเหลือปริมาณแอนโธไซยานินอิสระน้อย ส่วนสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 ที่ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน ที่อัตราส่วน เบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินต่อสารสกัดแอนโธไซยานิน 1:5 2:5 และ 3:5 มีเปอร์เซ็นต์แอนโธไซยานินอิสระ (%Free Anthocyanin) เท่ากับ 85.47% , 70.19% และ 67.52% ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์การเอนแคปซูเลท (%Encapsulate) เท่ากับ 14.56% , 29.81% และ 32.48% ตามลำดับ จากเปอร์เซ็นต์แอนโธไซยานินอิสระ (%Free Anthocyanin) และเปอร์เซ็นต์การเอนแคปซูเลท (%Encapsulate) ของสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 ข้างต้น สรุปได้ว่า สารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 ถูกเอนแคปซูเลทด้วยเบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินในปริมาณน้อย จึงเหลือปริมาณแอนโธไซยานินอิสระมาก

จากผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า สารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยความร้อน สามารถเข้าไปอยู่ในโพรงของเบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินได้ดีกว่าสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 และเมื่อเทียบประสิทธิภาพการกักเก็บสารสกัดแอนโธไซยานินในโพรงของเบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน ที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า ที่อัตราส่วน 3:5 สามารถกักเก็บสารสกัดแอนโธไซยานินไว้ได้มากที่สุด อาจเนื่องจากที่อัตราส่วนเบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินน้อยทำให้ไม่สามารถกักเก็บสารสกัดแอนโธไซยานินไว้ได้หมด



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์แอนโทไซยานินอิสระ (%Free Anthocyanin) และเปอร์เซ็นต์การเอนแคปซูเลท (%Encapsulate) ของสารสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยความร้อนที่ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินที่อัตราส่วนต่างๆ



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์แอนโทไซยานินอิสระ (%Free Anthocyanin) และเปอร์เซ็นต์การเอนแคปซูเลท (%Encapsulate) ของสารสกัดแอนโทไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 ที่ผ่านการเอนแคปซูเลชันด้วยเบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินที่อัตราส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินจากสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อน

ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดจากการสกัดด้วยความร้อน				
วันที่	อัตราส่วน เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน : สารสกัดแอนโธไซยานิน			
	control	1:5	2:5	3:5
1	49.95±1.25	16.28±0.82	14.04±0.23	12.05±0.48
3	49.17±0.16	15.94±0.10	12.42±0.16	11.48±0.08
5	43.50±2.76	13.90±0.41	12.88±0.15	12.02±0.33
7	38.14±1.31	15.74±0.34	11.70±0.55	10.88±0.21
17	30.04±1.08	14.43±0.23	12.53±0.46	13.57±0.35
19	27.34±1.15	14.92±1.04	14.13±0.32	13.38±0.30
21	27.83±0.32	15.61±0.55	14.52±0.14	12.75±0.26
23	27.12±0.76	12.99±0.11	12.99±0.11	13.28±0.79
25	26.82±1.58	13.28±0.17	12.93±0.50	11.73±0.41
27	30.68±0.90	12.49±0.24	12.83±0.13	12.24±0.05

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินจากสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5

ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดจากการสกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5				
วันที่	อัตราส่วน เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน : สารสกัดแอนโธไซยานิน			
	control	1:5	2:5	3:5
1	27.34 $\pm$ 0.23	23.37 $\pm$ 0.45	19.19 $\pm$ 0.19	18.46 $\pm$ 0.40
3	27.38 $\pm$ 0.39	23.10 $\pm$ 0.11	17.12 $\pm$ 1.40	15.61 $\pm$ 0.48
5	28.09 $\pm$ 0.48	21.98 $\pm$ 0.30	18.04 $\pm$ 0.85	17.07 $\pm$ 0.24
7	24.53 $\pm$ 0.56	19.94 $\pm$ 0.34	16.99 $\pm$ 0.78	16.86 $\pm$ 0.40
17	25.12 $\pm$ 1.19	20.35 $\pm$ 0.32	19.67 $\pm$ 0.21	19.78 $\pm$ 0.35
19	23.35 $\pm$ 0.51	22.74 $\pm$ 0.47	18.40 $\pm$ 0.77	19.87 $\pm$ 1.25
21	25.49 $\pm$ 0.45	21.69 $\pm$ 0.84	19.03 $\pm$ 1.11	20.05 $\pm$ 0.96
23	28.14 $\pm$ 0.69	20.97 $\pm$ 0.33	18.75 $\pm$ 0.41	20.84 $\pm$ 0.20
25	23.47 $\pm$ 2.71	20.84 $\pm$ 0.35	19.67 $\pm$ 0.63	18.78 $\pm$ 0.39
27	24.07 $\pm$ 1.05	20.76 $\pm$ 0.96	19.86 $\pm$ 0.19	19.58 $\pm$ 1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity)

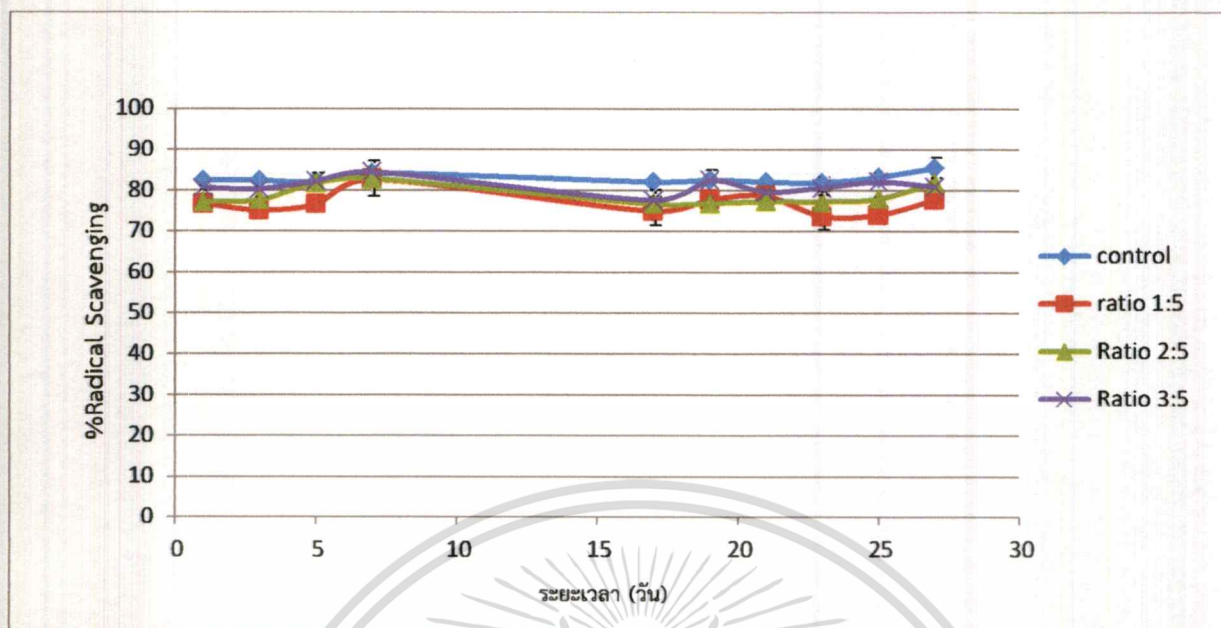
ในการศึกษานี้ใช้วิธี DPPH โดยอนุมูล DPPH• เป็นอนุมูลไนโตรเจนที่คงตัว มีสีม่วงอยู่ในรูปอนุมูลอยู่แล้ว โดยไม่ต้องทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดอนุมูล การวิเคราะห์เป็นการวัด ความสามารถในการรีดิวซ์ การวัดทำโดยใช้ เครื่อง uv-vis spectrophotometer วัดการลดลงของสี เมื่อเติมสารต้านอนุมูลลงไป สารละลายจะเปลี่ยน จากสีม่วงเป็นสีเหลือง โดยวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ดังรูป



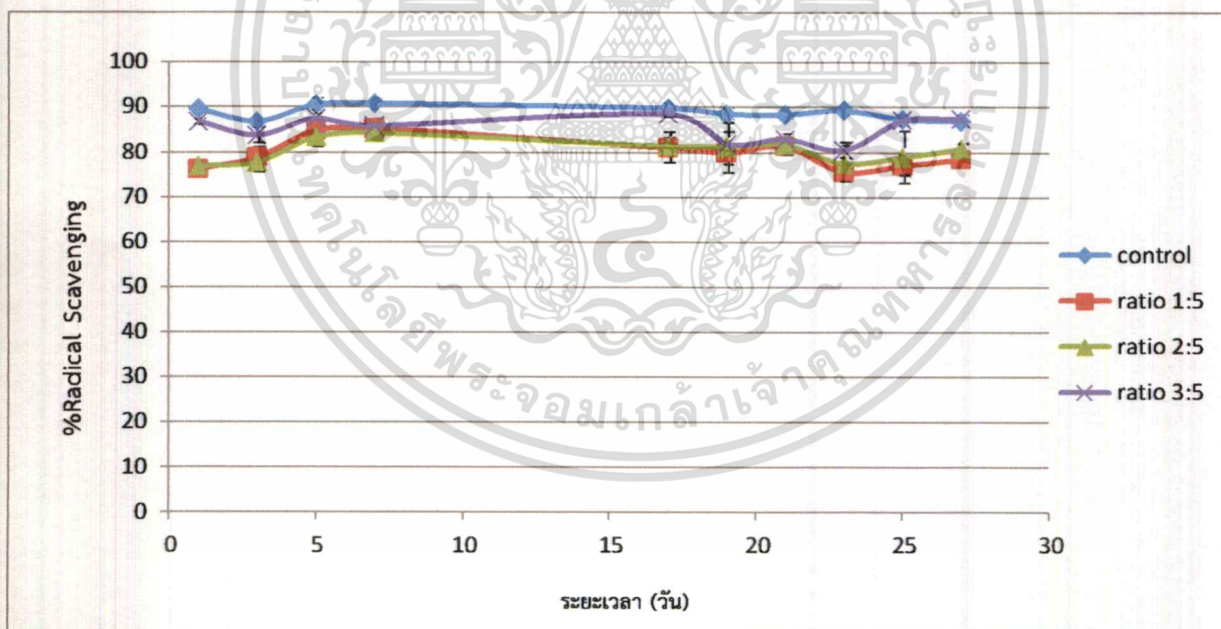
ภาพที่ 4.5 สมการการเกิดปฏิกิริยา หลังการเติมสารต้านอนุมูล

จากภาพที่ 4.6-4.7 กราฟแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอก อัญชันที่สกัดด้วยความร้อนและสกัดด้วยกรด HCl pH 4.5 เมื่อทำการเอนแคปซูเลชันสารสกัดแอนโธไซยานิน โดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินเป็นสารห่อหุ้ม ที่อัตราส่วน เบต้าไซโคลเด็กซ์ทรินต่อสารสกัดแอนโธไซยานิน 1:5 2:5 และ 3:5 ตามลำดับ และวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า เปอร์เซ็นต์การ ออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (%Radical scavenging) ของสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยความร้อนและสกัดด้วยกรด HCl pH 4.5 มีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง หรืออาจเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดช่วง ระยะเวลาการเก็บรักษา จึงสรุปได้ว่า การเอนแคปซูเลชันสารสกัดแอนโธไซยานินโดยใช้เบต้าไซโคลเด็กซ์ ทรินเป็นสารห่อหุ้ม ไม่มีผลต่อฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ หากเพียงแต่การเอนแคปซูเลชันเป็นเทคนิคที่ใช้ในการ ห่อหุ้มหรือเก็บรักษาสารสำคัญ เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ ไม่ให้เสียสภาพจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความร้อน ความชื้น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน และสภาวะกรด-ด่าง เพียงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อน



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยกรด HCl pH

4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อน

% Radical Scavenging จากการสกัดด้วยความร้อน				
วันที่	อัตราส่วน			
	เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน : สารสกัดแอนโธไซยานิน			
	control	1:5	2:5	3:5
1	82.37±0.67	76.81±1.73	77.15±1.01	80.64±0.62
3	77.53±3.41	58.40±3.34	69.22±4.20	80.08±1.14
5	82.04±2.25	76.57±0.92	81.82±0.82	82.26±0.69
7	84.10±1.61	82.69±1.57	82.87±4.33	84.46±1.28
17	82.11±0.63	75.00±3.54	76.71±1.25	77.66±2.60
19	82.55±1.18	77.77±0.93	76.87±1.93	82.55±2.40
21	82.16±0.91	78.80±2.52	77.44±1.03	79.70±1.70
23	81.87±1.38	73.69±3.24	77.28±1.73	80.71±0.95
25	83.19±1.00	74.03±1.44	78.04±0.20	82.14±0.35
27	85.50±2.41	77.79±0.98	81.87±0.48	80.99±0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5

% Radical Scavenging จากการสกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5				
วันที่	อัตราส่วน เบต้าไซโคลเด็กซ์ทริน : สารสกัดแอนโธไซยานิน			
	control	1:5	2:5	3:5
1	89.51±0.53	76.19±1.39	76.88±0.84	86.68±0.62
3	86.71±0.61	78.81±2.28	77.74±2.28	83.74±1.80
5	90.49±1.33	84.88±1.68	83.40±2.22	87.47±1.03
7	90.74±0.27	85.25±0.74	84.36±1.55	85.79±1.01
17	89.69±1.02	81.01±3.33	81.37±1.84	88.47±0.71
19	88.45±1.14	79.88±4.46	81.23±0.08	81.85±4.63
21	88.25±0.69	81.46±0.34	81.71±2.29	82.97±1.04
23	89.22±0.33	75.62±0.28	77.45±4.02	80.49±1.81
25	87.29±1.04	76.98±2.22	78.87±5.79	87.06±1.12
27	86.83±0.50	78.43±1.43	80.72±1.15	87.31±0.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน พบว่า การสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันโดยใช้น้ำร้อนให้ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดสูงกว่าการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันโดยใช้กรด HCl pH 4.5 แต่การสกัดแอนโธไซยานินโดยใช้กรด HCl pH 4.5 มีเสถียรภาพดีกว่า

และเมื่อทำการเอนแคปซูเลทสารสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันทั้งการสกัดโดยใช้น้ำร้อนและกรด HCl pH 4.5 โดยใช้เบต้าไซโคลเด็กทรีนซ์เป็นสารห่อหุ้ม ที่อัตราส่วนของเบต้าไซโคลเด็กทรีนซ์ : สารสกัดแอนโธไซยานิน 1:5 ,2:5 และ 3:5 ตามลำดับ พบว่า การสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชันโดยใช้น้ำร้อนให้ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดใกล้เคียงกัน ส่วนเมื่อทำการสกัดแอนโธไซยานินโดยใช้กรด HCl pH 4.5 พบว่า ที่อัตราส่วน 1:5 ให้ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมดมากที่สุด เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ผ่านการเอนแคปซูเลท และทำการวิเคราะห์ผลการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH พบว่า การเอนแคปซูเลชันสารสกัดแอนโธไซยานินด้วยเบต้าไซโคลเด็กทรีนซ์ไม่มีผลต่อการต้านอนุมูลอิสระ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดแอนโธไซยานินจากดอกอัญชัน ในการสกัดโดยใช้น้ำร้อน อาจจะต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดการทดลอง เช่น การใช้ water bath และควบคุมอุณหภูมิการทดลองให้คงที่ กำหนดอุณหภูมิที่แตกต่างกันในการทดลองเพื่อการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อสารสกัดแอนโธไซยานิน

5.2.2 การเอนแคปซูเลชัน ในงานวิจัยนี้เป็นการเอนแคปซูเลชันในรูปของสารละลาย ในการทำงานวิจัยครั้งต่อไปอาจจะนำเทคนิคการอบแห้งแบบพ่นฝอยมาใช้ เพื่อทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบผง ซึ่งสะดวกในการเก็บรักษาและการวิเคราะห์

5.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง อาจจะวิเคราะห์ลักษณะสัญญาณของอนุภาคในการเอนแคปซูเลชัน เพื่อสามารถยืนยันได้ว่าสารสกัดแอนโธไซยานินได้ถูกกักเก็บด้วยเบต้าไซโคลเด็กทรีนซ์อย่างสมบูรณ์

บรรณานุกรม

เกียรติศักดิ์ ดวงมัลย์. 2534. การสกัดแอนโธไซยานินส์จากดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.).

วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (เทคโนโลยีทางอาหาร). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิพวดี จิตพิศุทธิ์. 2550. การสกัดแอนโธไซยานินจากเมล็ดถั่วดำและประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร.

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. พัฒนาลิขิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนากร ศรีรัตนธรรม. 2555. การกักเก็บแอนโธไซยานินจากผลหม่อนด้วยการอบแห้งแบบพ่นฝอยภายใต้

สุญญากาศ. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิธิยา รัตนานนท์. 2539. แอนโธไซยานิน. บทที่ 11. เคมีอาหาร. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 277-284.

บุศรารัตน์ สายเชื้อ. 2545. แอนโธไซยานินจากกระเจี๊ยบแดง ~*Hibiscus sabdariffa*~ L. เพื่อใช้เป็นสีผสม

อาหาร. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีทางอาหาร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชญดา ฉายแสง. 2552. การผลิตและการเสริมสร้างมูลค่าของน้ำมันหอมระเหยจากเศษเปลือกไม้เทพทาร์.

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุพาพร ผลาจรศักดิ์. 2547. การสกัดและความคงตัวของแอนโธไซยานินที่สกัดได้จากเปลือกมังคุด.

วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ระวีวรรณ และทรงพร. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดพืชสมุนไพรไทย

บางชนิด. คณะเภสัชศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

เสรี สุขุมลพันธ์. 2545. การพัฒนาผงสีธรรมชาติจากกระเจี๊ยบแดงเพื่อนำมาใช้เป็นสีย้อมกระดาษสา.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอนแคปซูเลชันและการควบคุมการปลดปล่อยสารให้กลิ่นรส. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

[http://e-book.ram.edu/e-book/f/FY463\(50\)/FY463-4.pdf](http://e-book.ram.edu/e-book/f/FY463(50)/FY463-4.pdf). 20 พฤษภาคม 2558.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Anna Bakowska, Alicja Z. Kucharska, Jan Oszmiski. 2003. The effects of heating, UV irradiation, and storage on stability of the anthocyanin-polyphenol copigment complex. *Food Chemistry*. 81: 349-355.
- Barbosa, M. I. M. J.; Borsarelli, C. D.; Mercadante, A.Z. (2005), Light stability of spray-dried bixin encapsulated with different edible polysaccharide preparations. *Food Res. Int.*, 38, 989-994.
- Bertolini, A. C.; Siani, A. C.; Grosso, C. R. F. (2001), Stability of monoterpenes microencapsulated in gum arabic by spray-drying. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 780-785.
- Chen, B. H.; Tang, Y. C. (1998), Processing and stability of carotenoid powder from carrot pulp waste. *J. Agric. Food Chem.*, 46, 2312-2318.
- Clarot I, Cl'edat D, Battu S, Cardot PJP. 2000. Chromatographic study of terpene derivatives on porous graphitic carbon stationary phase with B-cyclodextrin as mobile phase modifier. *J Chromatogr A* 903:67-76.
- Desorby SA, Netto FM, Labuza TP. 1997. Comparison of spray drying, drum-drying and freeze-drying for B-carotene encapsulation and preservation. *J Food Sci* 62:1158-62.
- Gouin S. 2004. Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends Food Sci Technol* 15:330-47.
- Hedges AR, Shieh WJ, Sikorski CT. 1995. Use of cyclodextrins for encapsulation in the use and treatment of food products. In: Risch SJ and Reineccius GA, editors. *Encapsulation and controlled release of food ingredients* (ACS symposium series). Washington, D.C.: American Chemical Society. p 60-71.
- Karathanos VT, Mourtzinou I, Yannakopoulou K, Andrikopoulos NK. 2007. Study of the solubility, antioxidant activity and structure of inclusion complex of vanillin with B-cyclodextrin. *Food Chem* 101:652-8.
- Matioli, G.; Rodriguez-Amaya, D. B. (2003), Microencapsulação do licopeno com cyclodextrinas. *Ciênc. Tecnol. Alim.*, 23, 102-105.
- Oveando, A.C. et al. 2009. "chemical studies of anthocyanins: A review". *Food Chem*. 113: 859-871.
- Renata V. Tonon, Catherine Brabet, Miriam D. Hubinger. 2010. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpeoleraea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*. 43: 907-914.
- Szente L, Szejtli J. 2004. Cyclodextrins as food ingredients. *Trends Food Sci Tech* 15:137-42.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการสกัด

อุปกรณ์และสารเคมี

1. กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
2. ขวดปรับปริมาตร 100, 1000 มิลลิลิตร
3. เครื่องชั่งสาร
4. เครื่อง pH meter

วิธีการคำนวณในการเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก(HCl) ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 1000 ml

เมื่อสารละลายกรด HCl มีความเข้มข้น 37% มีมวลโมเลกุล 36.46 g/mol และมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.19 g/ml

$$\text{ดังนั้นจะตองใชเอนือสาร HCl เทากับ} = \frac{1.19 \times 37 \times 1000}{100 \times 36.46} \frac{g \times g \times ml}{ml \times g}$$

$$= 12.07 \text{ g}$$

ตองการเตรียมสารละลายกรด HCl 0.1 M มีปริมาตรเทากับ 1000 ml

$$\text{ดังนั้นจะตองใชกรด HCl เทากับ} = \frac{0.1 \times 1000}{12} \frac{g \times ml}{g}$$

$$= 8.33 \text{ ml}$$

ดังนั้นสามารถเตรียมสารละลายกรด HCl ความเข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 1000 ml ได้โดยปเปต HCl 8.33 ml ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 ml ปรับปริมาตรให้ครบ 1000 ml ด้วยน้ำกลั่น

เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก(HCl) ความเข้มข้น 0.1 M pH 4.5

เตรียมโดยปรับ pH ของน้ำกลั่นปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ให้เท่ากับ 4.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 0.1 M

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด

อุปกรณ์

1. เครื่อง Spectrophotometer
2. ขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร

วิธีทำ

นำสารสกัดแอนโธไซยานินมาเจือจางด้วยตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด (สารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยกรด Hcl pH 4.5 เจือจางด้วยกรด Hcl pH 4.5 และสารสกัดแอนโธไซยานินที่สกัดด้วยความร้อนเจือจางด้วยน้ำ) ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (O.D.) ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร

วิธีการคำนวณหาปริมาณแอนโธไซยานินทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 1 หาค่าการดูดกลืนแสง (O.D.) ทั้งหมดต่อตัวอย่าง 100 กรัม หรือ 100 มิลลิลิตร จากสูตร

$$A = \frac{B \times C \times D \times 100}{E \times F}$$

เมื่อ A = ค่า OD ทั้งหมดต่อตัวอย่าง 100 กรัมหรือมิลลิลิตร

B = ค่า OD ของตัวอย่างที่ 535 นาโนเมตร

C = ปริมาตรของตัวอย่างจากการสกัดที่ปรับปริมาตรเพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสง (มิลลิลิตร)

D = ปริมาตรของสารสกัดทั้งหมดที่ได้ (มิลลิลิตร)

E = ค่าปริมาตรตัวอย่างที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสง (มิลลิลิตร)

F = ปริมาณตัวอย่างที่ใช้เริ่มต้นในการสกัด (กรัมหรือมิลลิลิตร)

ขั้นตอนที่ 2 หาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด = $\frac{A}{98.2}$

(มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง100กรัมหรือมิลลิลิตร)



ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH

(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่อง Spectrophotometer
2. เครื่อง Vortex
3. เครื่องชั่งสาร
4. DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)
5. เอทานอล 99.8% (Absolute ethanol)
6. ขวดปรับปริมาตร 100 , 50 มิลลิลิตร

วิธีทำ

วิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีการที่ดัดแปลงจากวิธีการของ Shimada et al. (1992) และ ประภาพรรณ(2551) โดยปีเปตสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) เข้มข้น 0.1 mM ในเอทานอล 99.8% มา 2.9 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมห่วงอย่างสารสกัดแอนโธไซยานินลงไป 0.1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที พร้อมกันนี้ทำชุดควบคุม (Control) หรือ สารละลาย DPPH ที่ไม่มีสารละลายแอนโธไซยานิน ทำโดยใช้เอทานอล 99.8% จำนวน 0.1 มิลลิลิตร แทนสารสกัดแอนโธไซยานิน วิเคราะห์ตามวิธีการเดียวกัน เมื่อครบ 30 นาที นำตัวอย่างและชุดควบคุมไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร คำนวณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเป็นร้อยละของการยับยั้ง (% inhibition)

การเตรียมสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) เข้มข้น 0.1 mM ในเอทานอล 99.8 % ทำโดยการชั่ง 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl มา 0.0040 กรัม ละลายด้วยเอทานอล 99.8% จนสารละลายหมด จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลาย DPPH เข้มข้น 0.1 mM

*หมายเหตุ : ควรเตรียมทันทีก่อนใช้ หากเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจะเก็บได้เป็นเวลา 3 วัน

วิธีการคำนวณหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging capacity)

จากสูตร
$$\% \text{Inhibition} = \frac{(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})}{A_{\text{control}}} \times 100$$

เมื่อ

A_{control} = absorbance ที่วัดได้ของเอทานอล 99.8% ผสมกับ DPPH radical

A_{sample} = absorbance ที่วัดได้ของสารสกัดแอนโทไซยานิน ผสมกับ DPPH radical



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล

นางสาวจิระดี พะโยมรัตน์

วัน เดือน ปีเกิด

15 มีนาคม 2535

ประวัติการศึกษา

W.F. 2551

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนพรหมานุสรณ์

W.A. 2554

เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมัก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ตลาดกระบี่

ชื่อ - นามสกุล

นางสาวธัญลักษณ์ มากอดสำห้

วัน เดือน ปีเกิด

8 กันยายน 2535

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2551

ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนสุชนวนวพันธ์อุปถัมภ์

พ.ศ. 2554

เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิชาเทคโนโลยีการหมัก

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร

ตลาดกระบ้ง