

603  
X

# ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

สี เขียวผสมอาหารจากใบผักตบชวา

(Natural Green Additive Colour from Water Hyacinth)

โดย

นางสาวเพชรรัตน์ เลิศสุดสาทรกุล

นางสาววิลาวัลย์ สุนันทวิ

ได้รับพิจารณาเห็นชอบจาก...

..... 31/1/32 อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ  
( อ.กิตติชัย บรรจง )

..... 31/1/32 กรรมการของภาควิชา  
( อ.อนงค์ วรอุไร )

..... 31/1/32 กรรมการของภาควิชา  
( อ.ระติพร หาเรือนกิจ )

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร  
.....

27 มี.ย. 254

( อ.เขวาลักษณ์ สรพันธุ์พิชัย )  
หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 31/1/32 เดือน 1/1 พ.ศ. 32

ปลง.  
พ.ศ. 254  
2531

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13690



**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

ปัญหาพิเศษ (45499)

เรื่อง

**สีเขียวผสมอาหารจากใบผักตบชวา**

( Natural Green Additive Colour from Water Hyacinth )



T096691



นางสาวเพชรรัตน์ เลิศอุตสาหกรรมกุล  
นางสาววิลาวัลย์ สุนันทวิท

พ.ศ.  
๗ ๘๖๖  
๒๕๓๑

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... **96691**  
วัน,เดือน,ปี..... 4/11/๖๖.....

เสนอ

**ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง**

**เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร)**

พ.ศ. ๒๕๓๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บทคัดย่อ

เรื่อง

## สีเขียวผสมอาหารจากใบผักตบชวา

( Natural Green Additive Colour from Water Hyacinth )

ใบผักตบชวาที่ได้จากแหล่งน้ำ บริเวณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง มีความชื้น 85.24 % wet basis ปริมาณ total chlorophyll 0.1510 % wet basis เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสกัดสีเขียวออกจากใบ โดยดูลีสารละลายและปริมาณ total Chlorophyll ของสารละลาย เอธานอล เมธานอล และ 85 % อะซิโตน พบว่า เมธานอล สกัดได้ดีที่สุด รองลงมาคือ 85 % อะซิโตน และ เอธานอล ตามลำดับ ในการทดลองหากรรมวิธีที่เหมาะสมในการแยกสีเขียวออกจากใบได้ ทดลองสกัดด้วยเอธานอล แล้วระเหยให้เข้มข้นด้วยความร้อน พบว่าไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมเนื่องจากได้สารละลายที่มีสีเขียวปนน้ำตาล จึงได้ทดลองใช้วิธีขยี้ใบสทกกับน้ำแล้วระเหยให้แห้งเป็นผงด้วยขบวนการ Freeze drying ได้ผงสีเขียวเข้ม มีปริมาณ 2.325 % ของน้ำหนักใบสด ละลายน้ำได้เป็นบางส่วน มีความชื้น 6.652 % wet basis ปริมาณ total chlorophyll 0.087 % wet basis มีปริมาณสารหนู ตะกั่ว และโลหะหนัก 0.15, 1.10 และไม่เกิน 10 mg / kg ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินมาตรฐานสีผสมอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2525) เมื่อทดลองกับวันจะให้สีเขียวเข้มและขุ่นกว่าจากน้ำใบเตย เมื่อเก็บสีผงไว้ในภาชนะปิดสนิทและไม่มีแสง เช่น ในขวดสีชา จะเก็บได้นาน 3 เดือนเป็นอย่างน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนิยม

ปัญหาพิเศษเรื่องนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือจาก อาจารย์กิตติชัย บรรจง และอาจารย์วุฒิชัย นาครักษา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ปัญหาพิเศษ ดร.มรกต ตันติเจริญ และอาจารย์ศิริชัย เทพา ซึ่งเป็นอาจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี ที่ให้คำแนะนำและใช้เครื่อง Freeze dryer คุณวันทณีย์ ไพบูลย์ศิริรัตน์ เพื่อนผู้ให้ความสนับสนุนด้านข้อมูลและกำลังใจ และทุกท่านที่มีส่วน ช่วยเหลือปัญหาพิเศษฉบับนี้ลุล่วงด้วยดี

จึงใคร่ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

เพชรรัตน์ เลิศสุดสาทรกุล

วิภาวัลย์ สุนันทาทิ

17 มีนาคม 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	25
ผลและวิจารณ์ผล	34
สรุปผลการทดลอง	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นในผักตบชวา	5
2	แสดงส่วนประกอบทางเคมีในผักตบชวาแห่งในหน่วยเปอร์เซ็นต์	5
3	แสดงคุณค่าทางโภชนาในส่วนใบของผักตบชวา	6
4	แสดงผลการวิเคราะห์โปรตีนและกรดอะมิโนของผักตบชวา	8
5	แสดง maximum absorption band ของคลอโรฟิลล์และคาโรทีนอยด์	11
6	แสดงสีผสมอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ชนิดสีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์	16
7	แสดงปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนในอาหารบางชนิด	20
8	แสดงปริมาณการปนเปื้อนของสารหนูในอาหารบางชนิด	21
9	แสดงปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในอาหารบางชนิด	22
10	แสดงผลการทดลองหาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสดผักตบชวา	34
11	แสดงผลการศึกษาประสิทธิภาพการสกัดสีเขียวออกจากใบผักตบชวาในตัวอย่างหลายต่าง ๆ	35
12	แสดงผลการทดลองสกัดสีเขียวออกจากใบผักตบชวาด้วยเอธานอลแล้วระเหยให้เข้มข้นด้วยความร้อน	37
13	แสดงร้อยละโดยน้ำหนักของสีเขียวผงที่ได้จากการแยกโดยวิธีชั่งกับน้ำแล้ว Freeze drying	39
14	แสดงผลการทดลองหาปริมาณคลอโรฟิลล์ในสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา	40

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	แสดงผลการศึกษาปริมาณสารหนู ตะกั่ว และโลหะหนักในสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา	41
16	แสดงผลการทดสอบการละลายในน้ำของสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา	42
17	แสดงผลการศึกษาลักษณะปรากฏของสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวาเปรียบเทียบกับสีเขียวจากน้ำใบเตยสดและสีเขียวจากน้ำใบผักตบชวาสดเมื่อผสมกับปูน	44
18	ผลการทดลองหาอายุการเก็บรักษาสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวาในสภาวะต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง	45



## สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะสีของสารละลายที่สกัดได้จากใบผักตบชวา	36
2	ลักษณะสีของกากบนกระตาศกรองที่ได้จากการสกัดสีเขียวออกจากใบผักตบชวา	36
3	ลักษณะสีของสารละลายเข้มข้นที่ได้จากการสกัดสีเขียวด้วยเอทานอลแล้วระเหยให้เข้มข้นด้วยความร้อน	38
4	ลักษณะสีเขียวผงที่ได้จากวิธีการชกกับน้ำแล้วระเหยให้แห้งเป็นผงด้วย Freeze dryer	39
5	ผลการทดสอบการละลายในน้ำของสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา	43
6	สีและลักษณะที่ปรากฏของวุ้นเมือผสมสีเขียวที่ได้จากใบผักตบชวาและใบเตย	45
7	ตัวอย่างการเก็บรักษาสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวาในขวดสีชาฝา 2 ชั้น	47

## สีเขียวผงผสมอาหารจากใบผักตบชวา

( Natural Green Additive Colour from Water Hyacinth )

### คำนำ

ผักตบชวาจัดว่าเป็นวัชพืชที่ขึ้นลอยบนผิวน้ำ เนื่องจากสภาพอากาศที่เหมาะสมในประเทศเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ทำให้ผักตบชวาเติบโตและขยายพันธุ์ อย่างหนาแน่น ซึ่งก่อให้เกิดความเดือดร้อนต่อการสัญจรทางน้ำ การชลประทาน การเกษตร การผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำ การสาธารณสุข และการท่องเที่ยว จึงมีการค้นคว้าวิธีการป้องกันและกำจัด ใญ่การกำจัดนั้นได้มีการศึกษาคุณสมบัติของผักตบชวา และมีการใช้ประโยชน์จากผักตบชวามากมายอย่าง เช่น ใช้ในการทำปุ๋ยหมัก เพาะเห็ด เชื้อกระดาษและกระดาษ เครื่องถัก-สาน วัสดุหล่อเบา ผลิตภัณฑ์ เคมีภัณฑ์ และอาหารปศุสัตว์ นอกจากนี้ได้มีการนำผักตบชวามาเตรียมอาหารมนุษย์ ซึ่ง Nag (1973) รายงานในที่ประชุมสัมมนาเรื่อง วัชพืชน้ำ ที่กรุงนิวเดลี ถึงผลสำเร็จที่เขาได้เตรียมอาหารหลายอย่างจากผักตบชวา เช่น ขนมปังกรอบ ขนมเค้ก แอง และซูจิ (อาหารชนิดหนึ่ง) อีกทั้งไม่มีใครได้รับผลเสียจากการรับประทานอาหารเหล่านี้เลย (ณรงค์, 2518)

การนำผักตบชวามาทำเป็นสีผสมอาหาร จึงเป็นแนวทางหนึ่งของการใช้ประโยชน์จากผักตบชวา เนื่องจากสีเขียวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่คือ คลอโรฟิลล์ ซึ่งไวต่อแสง ความร้อน และเปลี่ยนสีได้ง่าย การทำเป็นผงจึงช่วยเพิ่มความคงตัวของสี และสะดวกต่อการเก็บรักษา ซึ่งเมื่อนำมาผสมกับอาหารพบว่า สีเขียวผงจากผักตบชวา มีคุณสมบัติบางประการ ที่เหมาะจะนำมาเป็นสีผสมอาหารได้ในเบื้องต้น จึงนำมีการศึกษาทดลองถึงคุณสมบัติด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม ในการทำเป็นสีผสมอาหารที่ได้มาตรฐาน และสามารถทำเป็นอุตสาหกรรมได้ในอนาคต โดยคำนึงถึงต้นทุนในการผลิตด้วย ซึ่งจะนับว่าเป็นการใช้ประโยชน์จาก "วัชพืชลอยน้ำ" ให้ได้ประโยชน์มากที่สุด

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงการใส่ประโยชน์จากผักตบชวา ซึ่งเป็นวัชพืชน้ำชนิดหนึ่ง โดยนำมาทำ สีสผสมอาหาร
2. เพื่อศึกษาถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของสีเขียวในใบผักตบชวา
3. เพื่อศึกษาถึงกรรมวิธีที่เหมาะสมในการแยกสีเขียวออกจากใบผักตบชวา เพื่อใช้ทำ สีสผสมอาหารที่ใช้ได้สะดวกและมีอายุเก็บรักษานาน
4. เพื่อศึกษาถึงความเหมาะสมในการใช้ผสมอาหารของสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา
5. เพื่อศึกษาถึงอายุการเก็บรักษาของสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจเอกสาร

### 1. ผักตบชวา

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Eichhornia Crassipes (Mart.) Solms. วงศ์ Pontederiaceae มีชื่อภาษาอังกฤษว่า water hyacinth, water orchid water lily หรือ Java - weed มีชื่อภาษาจีนว่า จุยโหว่โล้ว หัวจุยเนี้ย (หัวช้ำช้ำและศักดิ์หา, 2525) คนไทยเรียกชื่อผักตบชวาแตกต่างกันไปตามท้องถิ่นภาคกลางเรียก สวะ ผักปอด ผักตบป่อง ภาคใต้เรียก ผักตบ ภาคเหนือเรียกผักบัวลอย และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียก ผักโป่ง ผักบ่ง ผักป่อง

#### 1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (หัวช้ำช้ำและศักดิ์หา, 2525; อัจฉริย์วารณ, 2528)

ผักตบชวาเป็นพืชเจริญบนผิวน้ำในแหล่งน้ำจืด หรือบนดินชื้นและมีอายุข้ามปี (perennial)

- ราก มีแขนงแตกออกรอบๆ จากข้อบนไหลเป็นจำนวนมาก บางครั้งมีสีม่วงดำซึ่งเกิดจากสาร antho cyanin ลักษณะรากเป็นพู่ยาว ถ้ามีน้ำมากรากจะลอยเป็นอิสระ แต่ถ้าน้ำตื้นรากจะหยั่งติดดิน

- ลำต้น มีลักษณะสั้น โดยลำต้นจะจมอยู่ในน้ำ

- ใบ ออกเป็นช่อ (rosettes) รอบต้น ใบเป็นใบเดี่ยว ก้านใบอาจเป็นรูปทรงกระบอก เรียวยาว หรือพองเป็นท่อนลอยน้ำ ก้านใบอาจมีขนาดยาวได้ถึง 30 ซม. ก้านใบอาจยาวหรือสั้นแตกต่างกันได้มาก ขึ้นกับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของน้ำและธาตุอาหาร ลักษณะของแผ่นใบมีหลายแบบ เช่น รูปหัวใจ รูปไข่ รูปกลมคล้ายใบบัว และรูปคล้ายไต เส้นผ่าศูนย์กลางใบ 2.5 - 15 ซม.

- ดอก เป็นแบบช่อ (spike) ออกตลอดปี จำนวนดอกย่อยมีตั้งแต่ 4 - 60 ดอก ไม่มีก้านดอกย่อย ก้านช่อยาว 13 - 30 ซม. ดอกย่อยมีกลีบเลี้ยงและกลีบดอก (perianth) สีม่วง ติดกับฐานเป็นรูปทรงกรวยยาวประมาณ 5 ซม.

ส่วนปลายแยกออกเป็น 6 กลีบ กลีบบนมีวงขนาดใหญ่ 1 วง สีน้ำเงิน ตรงกลางเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีเหลือง มีเกสรตัวผู้ 6 อัน ยาว 3 อัน สั้น 3 อัน ติดกับกลีบดอก ก้าน  
เกสรตัวเมีย 1 อัน เป็นเส้นบาง ๆ ปลายเป็นตุ่มสีขาว รังไข่มีเมล็ดมากในขณะที่  
ดอกยังไม่บาน จะถูกห่อหุ้มด้วยใบธง ( flag leaf ) เมื่อดอกพ้นใบธงก็จะบานทันที  
และผสมเกสรเสร็จภายในวันเดียว

- ผล ( capsule ) มี 3 พู มีเมล็ดภายในมาก อาจมีมากถึง 50  
เมล็ดต่อผล เมล็ดกลม ขยายพันธุ์โดยอาศัยเมล็ด หรือแตกต้นอ่อนใหม่จากไหลแล้ว  
แยกหลุดออกไปจากต้นเดิม

## 1.2 ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจาย (อัญชิตู, 2520)

ฝักตบชวามีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ แถบประเทศบราซิล แต่การแพร่  
กระจายไม่รุนแรง เนื่องจากมีศัตรูธรรมชาติควบคุมอยู่ ฝักตบชวาถูกนำไปยังทวีปยุโรป  
โดยนักเดินทาง ทั้งนี้เนื่องจากความสวยงามของดอก ต่อมาในปี 2424 ชาวเนเธอร์แลนด์  
ที่ปกครองอินโดนีเซีย ได้นำเข้ามาปลูกในอินโดนีเซีย ทำให้ฝักตบชวาแพร่ระบาด  
ไปทั่วอินโดนีเซีย เนื่องจากเป็นพืชที่ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี ฝักตบชวาได้ถูก  
นำเข้ามาในประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2444 โดยพระองค์เจ้าสายสวลีภิรมย์ ใน  
รัชกาลที่ 5 ทรงนำมาจากอินโดนีเซีย เพื่อใช้เป็นไม้ประดับในสวนวังสระปทุม ซึ่ง  
ต่อมาเกิดน้ำท่วมใหญ่ จึงทำให้ฝักตบชวาหลุดลอยออกมาภายนอกวัง และมีการเจริญ  
เติบโตอย่างรวดเร็วจนระบาดสู่แม่น้ำลำคลองต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย

## 1.3 การเจริญเติบโต (รุ่งรัตน์, 2520)

ฝักตบชวาเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ชอบที่มึน้ำและแสงแดด  
จัด มีการแตกใบอ่อนเสมอ ฝักตบชวาที่เจริญอยู่ห่าง ๆ กันลำต้นจะเตี้ย ก้านใบจะพอง  
ป่อง ภายในมีช่องอากาศเต็มไปหมด แต่ถ้าเจริญในที่ที่เบียดชิดกันมาก ก้านใบจะเรียว  
ยาว ในระยะแรกฝักตบชวาจะเพิ่มจำนวนขึ้นจนเต็มพื้นที่ก่อน แล้วจึงเจริญเติบโตใน  
ด้านความสูงต่อไป

## 1.4 คุณค่าทางอาหารของฝักตบชวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตร 13 กรมวิชาการ  
ตีพิมพ์และคณะ (2530) รายงานว่าใบฝักตบชวามีแร่ธาตุและองค์ประกอบ  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางโภชนาการหลายตัวที่สามารถนำไปทำอาหารสัตว์ได้ โดยเฉพาะส่วนใบของผักตบชวาเป็นส่วนที่ดีที่สุด ซึ่งในส่วนของ ลำต้น และรากจะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 , 2 และ 3

ตารางที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นในผักตบชวา ( moisture in water heacinth )

ความชื้น	ใบ	ลำต้น	ราก
ความชื้นที่สูญหายไปโดยวิธีธรรมชาติ (นำผักตบชวาทากแดดเป็นเวลา 2 วัน ๆ ละ 8 ชั่วโมง)	81.22-89.05	79.53-93.75	83.05-95.24
ความชื้นทั้งหมด ( total moisture )	84.31-93.04	89.87-95.99	90.95-95.27

ที่มา : ทิพย์และคณะ, 2530

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีในผักตบชวาแห้งในหน่วยเปอร์เซ็นต์

( chemical composition of water hyacinth, % )

การวิเคราะห์หา	ใบ	ลำต้น	ราก
เถ้าทั้งหมด ( total ash )	11.52-15.57	16.65-19.47	10.58-12.67
เถ้าที่ละลาย ( soluble ash )	11.01-14.85	15.54-17.32	9.85-12.00
เถ้าที่ไม่ละลาย ( insoluble ash )	0.51- 0.72	0.05- 0.07	0.45- 0.64
ไนโตรเจน ( nitrogen )	2.21- 3.14	1.04- 1.72	0.75- 1.14
โปรตีนหยาบ ( crude peotein )	13.81-19.63	6.50-10.75	4.69- 7.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ)

การวิเคราะห์หา	ใบ	ลำต้น	ราก
โซเดียม (Na)	0.11-0.68	0.16-0.60	0.12-0.32
โปแตสเซียม (K)	1.49-2.29	0.69-1.18	0.37-1.43
แคลเซียม (Ca)	0.81-2.71	0.23-1.25	0.20-0.32
แมกนีเซียม (Mg)	0.20-0.52	0.20-0.48	0.21-0.81
แมงกานีส (Mn)	0.02-0.08	0.03-0.08	0.01-0.04
เหล็ก (Fe)	0.01-0.04	0.01-0.05	0.09-1.93
สังกะสี (Zn)	0.003-0.004	0.003-0.005	0.003-0.005
ทองแดง (Cu)	0-0.001	0-0.004	0-0.003
ฟอสฟอรัส (P)	0.31-0.70	0.13-0.28	0.05-0.09
ซัลเฟอร์ (S)	0.03-0.10	0.02-0.05	0.09-0.25
คลอไรต์ (Cl)	0.18-1.23	0.07-1.24	0.02-0.68

ที่มา : ทิพวัลย์และคณะ, 2530

ตารางที่ 3 แสดงคุณค่าทางโภชนาการในส่วนใบของผักตบชวา (proximate analysis base on dry basis)

การวิเคราะห์หา	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
สิ่งแห้ง (dry matter)	%	12.19
ความชื้น (moisture)	%	11.59
เถ้าทั้งหมด (total ash)	%	13.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 (ต่อ)

การวิเคราะห์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
อีเทอร์เอ็กซ์แทรก (ether extract)	%	1.43
เยื่อใยหยาบ (crude fiber)	%	20.39
โปรตีนหยาบ (crude protein) %	%	18.26
พลังงาน (Gross energy)	Meal /kg	3.86
แคลเซียม (Ca)	%	1.97
ฟอสฟอรัส (P)	%	0.49

ที่มา : ทิพวัลย์และคณะ, 2530

ณรงค์ (2518) รายงานว่า ผักตบชวาที่อบแห้งมีความชื้นเหลือ 3 % มีส่วนประกอบทางอาหารดังนี้ โปรตีนรวม 11 % สารเยื่อใย 20 % เถ้า 7 % ส่วนประกอบของโปรตีนมีกรดอะมิโนดังนี้ lysine 5.34 % isoleucine 4.32 % leucine 7.2 % threonine 4.32 % phenylalanine 4.72 % methionine 0.72 %

Abdalla (1969) รายงานว่า ผักตบชวามีความชื้น 90.2 % ใน ไตรเจน 1.03 % ฟอสฟอรัส 0.42 % โปแตสเซียม 1.81 % แคลเซียม 0.02 % (% น้ำหนักสด)

Boyd (1969) รายงานผลการวิเคราะห์หาโปรตีนและกรดอะมิโนได้ ผลตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์หาโปรตีนและกรดอะมิโนของผักตบชวา

Analysis	Eichhornia	crassipes
Crude protein	25.67	26.21
Actual protein <sup>a/</sup>	19.35	19.55
Lysine <sup>b/</sup>	1.13	1.30
Histidine <sup>b/</sup>	0.41	0.43
Arginine <sup>b/</sup>	1.12	1.24
Aspartic acid	2.82	2.64
Threonine <sup>b/</sup>	0.96	0.98
Serine	0.83	0.95
Glutamic acid	2.39	2.46
Proline	0.83	0.97
Glycine	1.17	1.16
Alanine	1.33	1.37
Cystine	0.06	0.05
Valine <sup>b/</sup>	1.20	1.13
Methionine <sup>b/</sup>	0.37	0.34
Isoleucine <sup>b/</sup>	1.01	0.99
Leucine <sup>b/</sup>	1.75	1.77
Tyrosine	0.75	0.77
Phenylalanine <sup>b/</sup>	1.12	1.00

a/ Sum of amino acids. Tryptophan analysis not obtained.

b/ Essential amino acids.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ที่มา : (Boyd, 1967)  
 ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bittle (1967) รายงานการหาความชื้นเฉพาะส่วนใบของผักตบชวา จากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้ คือ จาก Sudan (Nile) ได้ 88.1 % Congo River 87.1 % และจาก Nicaragua ได้ 86.5 %

คุณค่าทางอาหารของผักตบชวามีความแตกต่างกันเนื่องจาก ความบริบูรณ์ทางอาหารของพื้นที่น้ำในขณะเก็บเกี่ยว ระยะเจริญเติบโต และขบวนการนำผักตบไปใช้ประโยชน์ (Boyd และคณะ, 1970)

### 1.5 การใช้ประโยชน์และแนวทางในการใช้ประโยชน์จากผักตบชวา

ณรงค์ (2528) กล่าวว่า ได้มีการใช้ประโยชน์จากผักตบชวาหลายอย่าง เช่น นำมาทำปุ๋ยหมักเนื่องจากผักตบชวามีธาตุโปแตสเซียมมาก จึงนิยมใช้เป็นแหล่งปุ๋ยโปแตช นอกจากนี้ยังมีการใช้ผักตบชวามาผลิตวัสดุสำหรับเพาะเห็ดฟรัง (*Agaricus bisporum*) โดยบดเอาน้ำออกโดยเครื่องบดเกลียว แลวนำกากที่ได้ไปทำเป็นก้อนผสมกับอาหารเห็ดอื่น ๆ

Taylor และ Robbin (1968) ใ้วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนในโปรตีนของผักตบชวาพบว่ามีปริมาณ lysine มากเพียงพอที่จะใช้โปรตีนของผักตบชวาเป็นอาหารเสริมโปรตีนของฉะพืดสำหรับการบริโภคของมนุษย์และสัตว์

Oyakawa และคณะ (1965) ได้ทดลองใช้ผักตบชวาเป็น substrate ของยีสต์ ซึ่งได้ยีสต์บริสุทธิ์ซึ่งมีโปรตีน 52.7 % จำนวน 12 กรัม จากผักตบชวาสด 1 กก.

Neogi และ Rajagopal (1949) ได้สกัดเคโรทีนจากผักตบชวาได้เคโรทีน 143 มก. จากใบสด 3 กก. หรือ 84 % ของทั้งหมด นำไปเลี้ยงหนูที่ให้อาหารปราศจากวิตามินเอ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ปรากฏว่าหนูนั้นมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น

Bhanja และ Sircar (1966) ได้สกัดสารยับยั้งเบอเรลลิน ออกจากรากของผักตบชวา ซึ่งช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด เช่น ข้าว ข้าว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สลัด ข้าวโพต ถั่วและปอกระเจา

Nag (1973) ได้ hydrolysis เนื้อเยื่อของผักตบชวา จนเป็นน้ำตาลแล้วใช้ยีสต์ ferment ให้เป็น ethyl alcohol นอกจากนี้ยังใช้ผักตบชวาในการเตรียมอาหารหลายอย่าง เช่น ขนมปังกรอบ ขนมเค้ก แอง และซูจิ (อาหารอินเดียชนิดหนึ่ง) ไทยต้องสกัดเอา Ca-- Oxalate ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดการระคายคอก่อน India (1952) รายงานว่าผักตบชวาเคยถูกนำมาเป็นเครื่องเคียงอาหารในเกาะฟอร์โมซา Villadolid (1953) รายงานว่าผักตบชวาเคยใช้เป็นอาหารในประเทศฟิลิปปินส์ในสมัยสงคราม ไทยใช้ส่วนของ soft white bud รับประทานสดหรือทำสลัด หรือเป็นผักชนิดหนึ่งซึ่งเรียกว่า "repollo" (cauli flower)

## 2. รงควัตถุในใบไม้

### 2.1 ส่วนประกอบของรงควัตถุในใบไม้

รงควัตถุไทยทั่ว ๆ ไปแบ่งออกเป็น (เชาวน์และพรณี, 2509)

1. คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เป็นรงควัตถุสีเขียว แบ่งออกเป็น
  - ก. คลอโรฟิลล์เอ เป็นรงควัตถุที่มีสีเขียว มีสูตรโมเลกุลเป็น  $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$
  - ข. คลอโรฟิลล์บี เป็นสารประกอบที่มีสีเขียวแกมเหลือง มีสูตรโมเลกุลเป็น  $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$

ซึ่งคลอโรฟิลล์เอและบี สามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ อะซีโตน แต่ไม่ละลายน้ำ พบมากในพวกสาหร่ายสีเขียวและพืชที่มีการสังเคราะห์แสงทุกชนิด

ค. คลอโรฟิลล์ซี พบในพืชพวกสาหร่ายสีน้ำตาล และไตอะตอม เป็นตัวช่วยคลอโรฟิลล์เอและพืชพวกที่ไม่มีคลอโรฟิลล์บีเลย แต่อาจมีคลอโรฟิลล์เอ

ง. คลอโรฟิลล์ดี พบมากในพวกสาหร่ายสีแดง ไม่มีคลอโรฟิลล์บี แต่มีคลอโรฟิลล์เอ

2. คาโรทีนอยด์ (Carotenoid) เป็นรงควัตถุที่มีสีเหลือง ส้ม ส้มแดงไปจนถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดง ละลายน้ำไม่ได้ แฉงออกเป็น

ก. คาโรทีน ( carotene) มีสีส้ม ส้มแดง แฉง มีสูตรโมเลกุลเป็น  $C_{40} H_{56}$  เป็นสารประกอบที่ทำให้เกิดวิตามินเอ

ข. แซนโทฟิล ( Xanthophyll) มีสีเหลือง น้ำตาล ใ้จากคาโรทีนถูกออกซิไ้ส โดย  $O_2$  มีหลายชนิด เช่น Lutein, Cryptoxanthin, Fucoxanthin มีสูตรโมเลกุลเป็น  $C_{40} H_{56} O_2$  ;  $C_{40} H_{56} O$  ,  $C_{40} H_{60} O_6$  ตามลำดับ

3. ไฟโคบิลิน ( Phycobilin) เป็นรงควัตถุที่มีสีน้ำเงินและแฉง ละลายน้ำได้ พบอยู่ในพืชพวกสาหร่ายสีแฉง และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แฉงออกเป็น

ก. Phycocyanin ( Gr. Phykos = สาหร่าย, Kyanos= สีน้ำเงิน) มีสีน้ำเงิน

ข. Phycoerythrin ( Gr. Phykos = สาหร่าย, erythros = สีแดง) มีสีแดง

รงควัตถุต่าง ๆ มีสีแตกต่างกัน จะทำให้ดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน นั่นคือจะให้ค่า maximum absorption band ( $\lambda_{max}$ ) แตกต่างกัน ดังตารางที่ 5

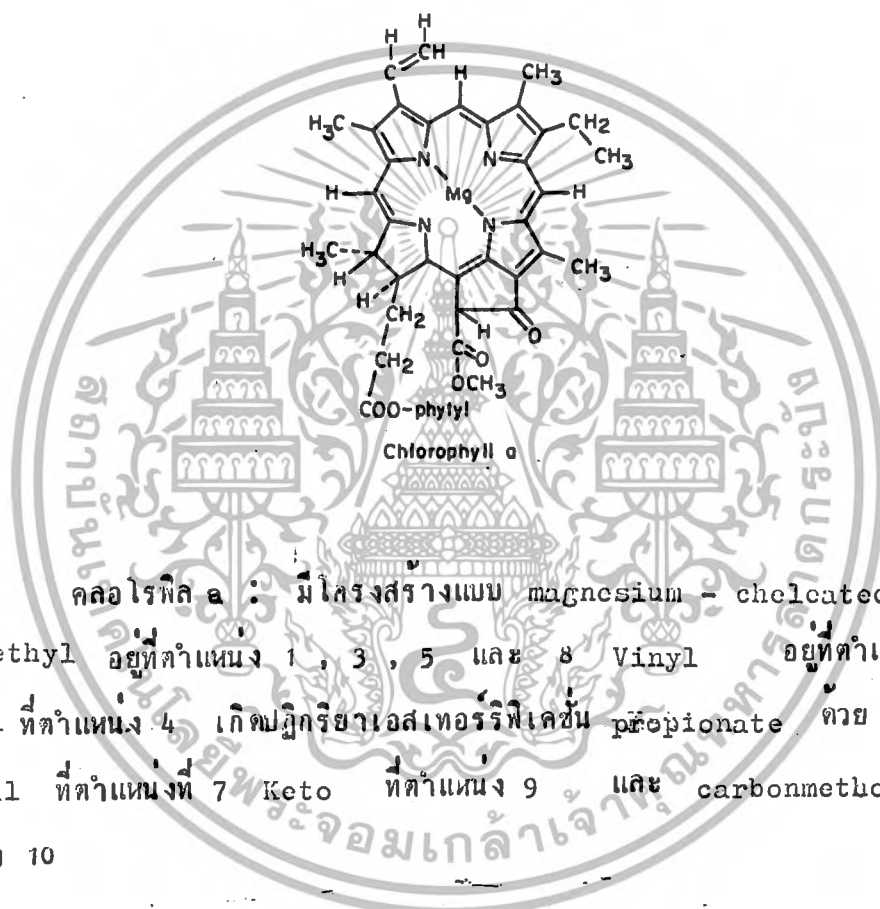
ตารางที่ 5 Maximum absorption band ของคลอโรฟิลและคาโรทีนอยด์

Chlorophyll	organic solvent ( $\lambda_{max}$ (nm) )	carotenoid	hexane $\lambda_{max}$ (nm)
Chlorophyll a	420,660	$\alpha$ - carotene	420,440,470
" " b	435,642.5	$\beta$ - carotene	425,450,480
" " c	445,625	$\gamma$ - carotene	440,460,495
" " d	450,690	Luteol	425,445,475
<u>Pheophytin</u> a	409,667	Violaxanthol	425,450,475
Pheophytin b	436,654	Fucoxanthol	425,450,475
		Spirilloxan	464,490,524

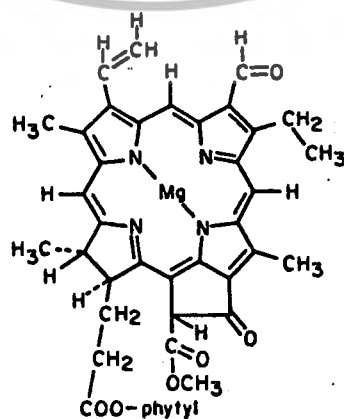
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในวงที่เอกสารคือของทาง...  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
ที่มา : ( Rabinowitch , 1969 )

## 2.2 คลอโรฟิลล์ (Chlorophylls) (ศิวาพร, 2529 ; 1976)

คลอโรฟิลล์เป็นกลุ่มสารให้สีหรือรงควัตถุ (pigments) สีเขียวที่พบในพืช โดยเฉพาะส่วนใบ ซึ่งจะอยู่ใน plastid ในใบ คลอโรฟิลล์ที่สำคัญและพบมากในอาหารคือ คลอโรฟิลล์ a และคลอโรฟิลล์ b พบทั่วไปในพืชชั้นสูงในอัตราส่วน 2 : 1 มีสูตรโครงสร้างดังนี้



คลอโรฟิลล์ a : มีโครงสร้างแบบ magnesium - chelated tetrapyrrole ซึ่งมี methyl อยู่ที่ตำแหน่ง 1, 3, 5 และ 8 Vinyl อยู่ที่ตำแหน่ง 2 ethyl ที่ตำแหน่ง 4 เกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน propionate ด้วย phytyl alcohol ที่ตำแหน่งที่ 7 Keto ที่ตำแหน่ง 9 และ carbonmethoxy ที่ตำแหน่ง 10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นี้ถ้าใช้ปริมาณสูงเกินไป จะทำให้ลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์เสียไป

การใช้ high - temperature, short - time processing ก็เป็นการทดลองใช้ช่วยรักษาสีได้ผลดีมากหลังการแปรรูป แต่พอเก็บระยะหนึ่งก็เปลี่ยนสี จึงมีการใช้ alkalizing agent ร่วมด้วย หรือการใช้เอนไซม์ช่วยเปลี่ยนคลอโรฟิลล์ ให้เป็น chlorophyllides แต่รักษาสีไว้ได้ระยะหนึ่งเท่านั้น ต่อมาในหน่อไม้ฝรั่ง ได้มีการใช้ controlled atmosphere storage มีการเปลี่ยนแปลงสีน้อยลง แต่ผลที่ได้ก็ยังไม่เป็นที่พอใจ ดังนั้นจึงยังไม่มีวิธีการใดที่จะรักษาสีของคลอโรฟิลล์ให้คงที่ได้

### 2.3 การสกัดรงควัตถุจากพืช (จินตนา, 2529)

การสกัดรงควัตถุจากพืชขึ้นใช้ให้เอง โดยมี 4 วิธีดังนี้

1. การใช้วัสดุธรรมชาติที่ให้สีผสมลงในอาหารโดยตรง เช่น การนำดอกโสนสดโขบตำรวมกับแป้งที่จะนำไปทำขนม ทำให้แป้งมีสีเหลืองนวล
2. การทำให้แห้งด้วยการผึ่งแดด หรืออบบนตะแกรง ร้อนด้วยตะแกรง จะได้ผลที่ละเอียด เช่น ชิมัน
3. การใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่น
  - 3.1 บดหรือตำให้ละเอียด เติมน้ำเล็กน้อยคั้น นำส่วนที่เป็นน้ำซึ่งมีสีไปใช้ได้ เช่น ทอกอัญชัญ
  - 3.2 นำวัสดุแช่น้ำที่อุณหภูมิปกติหรือน้ำร้อนสีจะละลายออกมา เช่น ครั่ง ผาง
  - 3.3 บดละเอียดแช่น้ำร้อน เมื่อละลายออกมา นำมากรองเอากากทิ้ง น้ำที่ใต้มานำมาทิ้งให้สีตกตะกอน รินน้ำทิ้ง ระเหยน้ำให้แห้ง จะได้ผงสีหรือสีมีลักษณะเป็นก้อน เช่น คำแสด

### 4. ใช้ตัวทำละลายอื่นๆ เช่น เอซิลแอลกอฮอล์ หรือเหล้าขาว โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าวัสดุให้มีขนาดเล็กบดหรือทำให้ละเอียดเติมเอซิลแอลกอฮอล์ 85 % หรือเหล้าขาว คั้นกรองแล้วระเหยตัวทำละลายออกจะได้น้ำมันสี

นอกจากนี้ Meyer et. al. (1955) ได้สกัดรงควัตถุจากใบพืชโดย บดใบพืชในสารละลายผสมของ อะซิโตน : เมทานอล : น้ำ ในอัตราส่วน 80 : 15 : 5 กรองสารละลายนี้ไปสกัดด้วย Petroleum ether แล้วนำสารละลาย ลง petroleum ether ที่จะนำไปแยกต่อไป anhydrous sodium sulfate จะให้สารละลายของรงควัตถุใน Petroleum ether ที่จะนำไปแยกต่อไป สำหรับคลอโรฟิลล์เมื่อถูกแสงจะเปลี่ยนสี จึงต้องใช้หลอดแดงหรือหลอด แดงนี้เขียนในสารที่สกัดได้ อนุรักษ์ (2522) สกัดคลอโรฟิลล์จากใบเตยแช่ในเอทานอล 95 % พร้อมใส่หลอดแดง กรองสารละลายเอทานอลมาแล้วนำไประเหย ได้คลอโรฟิลล์ 3.73 % มีลักษณะเป็น waxes และน้ำมันสีน้ำตาล ซึ่งแยกออกจากกันได้

ณรงค์ (2528) รายงานว่าหน่วยเกษตรกรรมและเกษตรศึกษา ได้ทดลอง สกัดคลอโรฟิลล์จากใบผักตบชวาด้วยแอลกอฮอล์ แล้วนำไปแยกแอลกอฮอล์ออกโดยใช้ระบบ สูญญากาศ แล้วสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม จนได้ผลสกัดคลอโรฟิลล์ ซึ่งเมื่อทำให้บริสุทธิ์ก็ใช้เป็น สีประกอบอาหารได้

### 3. สีผสมอาหาร

#### 3.1 ความหมาย

สีผสมอาหารคือสี (dye) หรือเม็ดสี (pigments) หรือสารประกอบ อื่น ๆ ที่ได้จากผัก ผลไม้ สัตว์ หรือแร่ธาตุ หรือแหล่งอื่น ๆ ซึ่งสามารถทำให้เกิด สีหรือสร้างสีในอาหาร เครื่องสำอางหรือส่วนใด ๆ ของร่างกายมนุษย์ได้ (วรรณภา, 2529)

#### 3.2 ประเภทของสี (สุทิน, 2518 ; ศิวาพร, 2529)

แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

##### 1. สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ เป็นสีที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่าง ๆ เป็นสีที่ค่อนข้างคงตัว และใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็จะให้สีตามต้องการได้แก่  
สีตามตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** แสดงสีผสมอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ชนิดสีอินทรีย์ที่ได้จาก  
การสังเคราะห์

ตารางที่ 6 - สีผสมอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (1) ชนิดอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ เลขดัชนีสี กลุ่มของสี ชื่ออื่น และการรับรองไว้ใน  
อังกฤษ (2,3) เยอรมันตะวันตก (2,3) และสหรัฐอเมริกา (4)

Color additive ตามประกาศกระทรวง สาธารณสุข ชนิดอินทรีย์ ที่ได้จากการสังเคราะห์	Color index	Class	Other names			Legal status of the color additive in		
						United Kingdom (1983)	West Germany (1963)	United States (1974)
Ponceau 4R	16255	Monoazo	C.I. Food Red 7	C.I. Acid Red 18		x	x	
Carmoisine	14720	Monoazo	C.I. Food Red 3	C.I. Acid Red 14	Ext. D&C Red No. 10	x	x	
Amaranth	16185	Monoazo	C.I. Food Red 9	C.I. Acid Red 27	FD&C Red No. 2	x		x
Erythrosine	45430	Xanthene	C.I. Food Red 14	C.I. Acid Red 41	FD&C Red No. 3	x	x	x
Tartrazine	19140	Monoazo	C.I. Food Yellow 4	C.I. Acid Yellow 23	FD&C Yellow No. 5	x	x	x
Sunset Yellow FCF	15985	Monoazo	C.I. Food Yellow 3		FD&C Yellow No. 6	x	x	x
Oil Yellow GG	11920	Monoazo	C.I. Food Orange 8	C.I. Solvent Orange 1		x	x	
Orange RN	15970	Monoazo	C.I. Food Orange 1	C.I. Acid Orange 12		x		
Quinoline Yellow	47005	Quinoline	C.I. Food Yellow 13	C.I. Acid Yellow 9	D&C Yellow No. 10		x	
Riboflavin						NA	NA	x
Wool Green BS	44090	Triarylmethane	C.I. Food Green 4	C.I. Acid Green 50		x		
Fast Green FCF	42053	Triarylmethane	C.I. Food Green 3		FD&C Green No. 3			x
Indanthrene Blue RS	69800	Anthraquinone		C.I. Vat Blue 4			x	
Indigo Carmine	73015	Indigoid	C.I. Food Blue 1	C.I. Acid Blue 74	FD&C Blue No. 2	x	x	x
Brilliant Blue FCF	42090	Triarylmethane	C.I. Food Blue 2		FD&C Blue No. 1			x
Patent Blue V	42051	Triarylmethane		C.I. Acid Blue 3		x	x	

- x color additive permitted for use in foods  
 o provisionally listed color additive for use in drugs and cosmetics  
 NA information not available

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สีอนินทรีย์ ได้แก่ titanium dioxide, carbon black  
Iron oxide และ charcoal

3. สีจากธรรมชาติ เป็นสีที่เกิดจากเม็ดสีที่ได้จากสัตว์ ผักผลไม้ หรือแร่ธาตุ ที่ใช้บริโภคได้ไทยไม่เกิดอันตราย มักเป็นสีที่ไม่ค่อยคงตัว และมักจะต้องใช้ในปริมาณค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังได้แก่สีชนิดเดียวกันที่ได้จากการสังเคราะห์ ดังนี้

Caramel

Cochineal

Annatto

Carotenoid

ได้แก่

Canthaxanthin

Carotenes

Beta - Carotene

Beta - apo - 8' - Carotenal

Beta - apo - 8' - Carotenoic acid

Ethyl ester of beta - apo - 8' carotenoic acid

Methyl ester of beta - apo - 8' - carotenoic acid

Curcumin

Turmeric

Chloophyll

Chlorophyll Copper Complex

ซึ่งประเภทสีเขียวได้จากพืชที่ใช้กันในปัจจุบันได้แก่ (จินตนา, 2529 ; ปกฉกะ, 2530)

ใบเตยหอม ซึ่งจะใช้ใบเตยหอมที่ค่อนข้างแก่ สด นำมาหั่นตามขวาง  
ทำให้ละเอียดใช้ปั่นน้ำเป็นตัวทำละลาย นิยมใช้แต่งสีขนม เช่น ลอดช่อง ขนมเปียก  
ปูน วุ้นกะทิ ทับทิมกรอบ ข้าวมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับกาใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบพริก ใช้กำกับเครื่องแกง ใบพริกใช้แต่งสีเขียวในแกงเขียวหวาน  
ใบคะน้า เอาเฉพาะใบมาตำหรือปั่น ใช้แต่งสีเขียวในเส้นบะหมี่

### 3.3 การใช้สีผสมอาหาร (กักต., 2522 ; ปกฯกะ, 2530)

1. เลือกใช้เฉพาะสีที่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหารได้ มีสลากแจ้ง ;-

- สีผสมอาหาร
- ชื่อสามัญ เลขที่สี
- เลขทะเบียนอาหาร
- ชื่อและที่ตั้งของสถานที่ผลิตหรือนำส่ง
- ชนิดของพืช ผัก ผลไม้ หรือสัตว์ ที่เป็นต้นกำเนิดสี

2. ใช้สีในน้อยที่สุดพอมีสีอ่อน ๆ หรือไม่เกินปริมาณที่กำหนดไว้ในประกาศ

กระทรวงสาธารณสุข

3. ควรใช้สีที่ได้จากธรรมชาติ

### 3.4 มาตรฐานของสีผสมอาหาร

การตรวจสอบสีที่ใช้ผสมอาหาร หักยาเปล่า ไม่สามารถบอกได้ว่าสีที่ใช้ผสมอาหารนั้น เป็นสีที่ถูกต้องหรือไม่ ต้องทำการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทดลอง ดังนั้นการวิเคราะห์ว่าสีนั้น เป็นสีผสมอาหารหรือไม่ ไม่สามารถทำได้ทุกครั้ง (จินตนา, 2529) เพื่อจะป้องกันอันตรายอันอาจเกิดขึ้นแก่สุขภาพและชีวิต กระทรวงสาธารณสุข ได้ประกาศให้ใช้สีผสมอาหาร เป็นอาหารที่ควบคุม กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานการใช้ผสม และฉลากสำหรับสีผสมอาหาร (กักต., 2522) ซึ่งมาตรฐานมีดังนี้

1. ไม่มีสารที่ทำให้เกิดพิษ

2. มี Chromium หรือ Cadmium หรือ Mercury หรือ Selenium ได้ไม่เกิน 1 ส่วนในล้านส่วน โดยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 3. มี Arsenic ไม่เกิน 5 ส่วนในล้านส่วน โดยน้ำหนัก  
ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้อัดแปลง ทำซ้ำ และต้องแจ้งวิธีกำจัดของเสียจากการนำไปใช้

4. มี Lead ไม่เกิน 20 ส่วนในล้านส่วน โดยน้ำหนัก

5. มี Heavy metals ต่าง ๆ นอกจาก Lead รวมกันได้ไม่เกิน 30 ส่วน ในล้านส่วนโดยน้ำหนัก (สุทิน, 2518)

### 3.4.1 โลหะหนัก

โลหะหนัก คือ โลหะที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 5 ขึ้นไป มี atomic number 23-92 อยู่ในคาบ (period) 4-7 ในตารางธาตุ เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (ชูจิตต์, 2523) ซึ่งตามมาตรฐานของสื่อบริโภคกำหนดให้หาปริมาณของ Pb , สารหนู และโลหะหนักโดยรวม ซึ่งรานละเอียดสารแต่ละชนิดมีดังนี้

#### 3.4.1.1 ตะกั่ว (ชูจิตต์และเกียรติ, 2523)

เป็นธาตุที่อยู่ในหมู่ (Group) IVB ของตารางธาตุ ใช้สัญลักษณ์ Pb มวลอะตอม 207.19 เลขอะตอม 82 ความหนาแน่น 11.4 จุดหลอมเหลว  $327.5^{\circ}\text{C}$  จุดเดือด  $1,725^{\circ}\text{C}$  เลขออกซิเดชัน 0, +2 และ +4 ปกติสถานะเป็นของแข็ง สีเทาเข้ม นำมาตีผสมสีขาวอมน้ำเงิน หุบ ริด จึงหลอมเป็นรูปได้

ตะกั่วมีอยู่ในสิ่งแวดล้อมทั่วไป ทั้งในดิน น้ำ อากาศ และตะกอน พบว่าตะกั่วในดินไทยเฉลี่ย 10 mg/kg ในน้ำประมาณ 13.1 mg/l ในอากาศประมาณ 36 mg/l ในดินตะกอนประมาณ 20 mg/kg ซึ่งในธรรมชาติจะมีตะกั่วปนเปื้อนในอาหารประมาณ 0.01 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งการปนเปื้อนในอาหารนั้นอาจมาจากวัตถุพิษ สิ่งแวดล้อม หรือจากขบวนการผลิตและแปรรูป ตัวอย่างการปนเปื้อนของตะกั่วในอาหารต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 7

## ตารางที่ 7 แสดงปริมาณตะกั่วที่ปนเปื้อนในอาหารบางชนิด

ชนิดของอาหาร	ปริมาณตะกั่ว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
	Mean	Range
ข้าว	0.17	<0.01-0.81
เนื้อสัตว์และปลา	0.17	<0.01-0.70
ผลไม้สด	0.12	<0.01-0.76
ผลไม้กระป๋อง	0.40	0.04-10.0
ผักสด	0.22	<0.01-1.5
ผักกระป๋อง	0.24	0.01-1.5
นม	0.03	<0.01-0.08

### พิษของตะกั่ว

มีผลต่อสมอง และระบบประสาทจากสมอง และไขสันหลัง ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง ปวดท้อง อาเจียน ท้องร่วง หมดสติ เบื่ออาหาร และอ่อนเพลีย ในระยะต่อมาจะอาเจียนอย่างรุนแรง ปวดท้อง ปวดตามแขน ขา ไขข้อ ทำให้เป็นอัมพาต และทำลายระบบประสาท (สุชาติ, 2526)

### 3.4.1.2 สารหนู (ชูจิตต์และเกียรติ, 2523)

เป็นธาตุอยู่ในหมู่ VA ในตารางธาตุ ใช้สัญลักษณ์ As มวลอะตอม 74.9216 เลขอะตอม 33 ความหนาแน่น 6.7 จุดเดือด  $615^{\circ}\text{C}$  เลขออกซิเดชัน -3, 0, +3, +5 ฟลักมีซีเตา นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ไม่ดีโดยทั่วไปอยู่ในรูปของสารประกอบทั้งที่พบในธรรมชาติและสังเคราะห์ขึ้น

โดยทั่วไปมีทั้งในดิน ในน้ำ ในอากาศ และในสิ่งมีชีวิต ซึ่งพบว่าสารหนูบนผิวโลกประมาณ  $3.4 \text{ mg/kg}$  ในน้ำทะเล  $0.16-6.00 \text{ Mg/l}$  และในน้ำจืด  $0.10-1.10 \text{ Mg/l}$  ในดิน  $1-40 \text{ Mg/l}$  ในดินตะกอน  $6.6 \text{ Mg/g}$  และในสาหร่ายทะเล  $0.7-12 \text{ Mg/g}$  การปนเปื้อนในอากาศเกิดจากการเผาถ่านหิน การถลุงแร่ และการกลั่นน้ำมัน ในดินมาจากการใช้เทคโนโลยีทางการเกษตร เช่น ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 สารเคมีจากอุตสาหกรรม สารหนูปนเปื้อนในอาหารหลายชนิด ดังตารางที่ 8  
 ไม้วากรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 8 แสดงปริมาณสารปนเปื้อนของสารหนูในอาหารบางชนิด**

อาหาร	ปริมาณ (ส่วนในล้านส่วน)
ปลาทะเล	2.2
หอยนางรม	2.9
ปู	3.1
เนื้อวัว	1.3
คัมภีร์	1.1
ข้าว	0.1
เห็ด	2.9
โกโก้	0.6
ชา	0.9
เกลือ	2.7
น้ำตาลทราย	0.1
เนย	0.2

การสะสมของสารหนูในร่างกายที่ได้รับจากอาหาร ทางลมหายใจ และ ทางผิวหนังจะอยู่ระหว่าง 0.04-0.09 Mg / kg

**พิษของสารหนู**

มีอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ประสาทอักเสบ หมอศติ มี ผลต่อระบบทางเดินอาหาร ทำให้หลอดอาหารอักเสบ อาเจียน ท้องเดิน ทำให้ความดันโลหิตลดลง อ่อนเพลีย โลหิตจาง น้ำหนักลด ทำลายระบบทางเดินหายใจ อาจเสียชีวิตเนื่องจากขาดการหมุนเวียนโลหิตล้มเหลว (สุชาติ, 2526)

**3.4.1.3 แคลต์เมียม (ซูจิตต์และเกียรติ, 2523)**

เป็นธาตุที่อยู่ในหมู่ IIB ของตารางธาตุ ใช้สัญลักษณ์ Cd มวลอะตอม 112.40 เลขอะตอม 48 ความหนาแน่น 8.65 จุดหลอมเหลว 320 °C จุดเดือด 765 °C เลขออกซิเดชัน +2 เป็นโลหะที่อ่อนและตีได้ง่าย ไม่เปราะหักง่าย

**ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง**

## ชาวอน้ำเงิน

แคดเมียมปะปนในอากาศและของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่กระจายสู่ดินและแหล่งน้ำ ในดินมีประมาณ 0.06 mg/kg ในน้ำประมาณ 1.3 mg/kg และในดินตะกอนประมาณ 0.8 mg/kg แคดเมียมยังปนเปื้อนในอาหารหลายชนิด ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนในอาหารบางชนิด

ชนิดของอาหาร	ปริมาณแคดเมียม (ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง)
ผลิตภัณฑ์นม	0.01
เนื้อ ปลา เบ็ด และไก่	0.03
ข้าวและผลิตภัณฑ์	0.06
ผักชนิดกินใบ	0.14
ผักชนิดกินฝัก	0.04
ผักชนิดกินหัว	0.08
ผลไม้	0.07
ไขมัน	0.04
น้ำตาลทรายและผลิตภัณฑ์	0.04
เครื่องดื่ม	0.04
มันฝรั่ง	0.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มนุษย์ได้รับแคตเมียมจากอาหารที่รับประทานเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉลี่ยจะได้รับแคตเมียมวันละประมาณ 20-50

#### พิษของแคตเมียม

อาการแบบเฉียบพลัน จะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง มีอาการปวดศีรษะ เป็นตะคิว บางครั้งอาจช็อค ทำให้ถึงเสียชีวิตได้ อาการแบบเรื้อรัง ถ้าได้รับเป็นระยะเวลานานจะทำให้เป็นอันตรายต่อไตและกระดูก ทำให้ไตมีประสิทธิภาพในการดูดโปรตีนกลับคืนน้อยลง โปรตีนจะถูกขับออกทางปัสสาวะเพิ่มขึ้น ผู้ป่วยเกิดเป็นโรคเรียกว่า itai - itai แสดงอาการขาดวิตามินดี แคตเมียมเข้าไปแทนที่กระดูกโดยเฉพาะกระดูกหน้าแข้งและซี่โครง ทำให้ผู้ป่วยมีอาการของโรค ducklike gait

#### 4. การทำแห้งโดยขบวนการ Freeze drying ( Flosdorf, 1949)

Freeze - drying เป็นการทำให้เยือกแข็งด้วยความเย็นต่ำมากระเหิดน้ำจากสารที่อยู่ในรูปของแข็ง แต่ถ้าสารนั้นเป็นของเหลวจะต้องทำให้อยู่ในรูปที่เป็นของแข็งเสียก่อน โดยการทำ pre - freezing

4.1 การทำ Pre - freezing นำขบวนการจุลินทรีย์ที่ต้องการทำ Freeze drying เข้าในภาชนะที่บรรจุด้วย liquid nitrogen หรือน้ำแข็งแห้งในอะซิโตน ( หรือ ethyl alcohol) หมุนวนไปรอบ ๆ อย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งสารนั้นแข็งหากมีส่วนที่เป็นของเหลวอยู่จะทำให้เกิด Bumping effect ขณะทำให้เป็นสูญญากาศ

4.2 การทำ Freeze drying เมื่อสารนั้นแข็งตัวดีแล้วนำขวดนั้นต่อเข้ากับเฟือง Freeze dryer ที่ทำการควบคุมอุณหภูมิลงคอนเทนเซอร์อยู่ระหว่าง  $(-35) - (-40)^{\circ}\text{C}$  และความดันของระบบเท่ากับ 0.7 torr

ภายใต้สภาวะดังกล่าวนี้ในลักษณะน้ำแข็งจะระเหิดเป็นไอ และถูกพาออกไปจากระบบโดย vaccum pump ไอดังกล่าวจะเกิดการควบแน่นและถลันตัวเป็นหยดน้ำที่คอนเทนเซอร์

#### 4.3 ข้อดีของการทำให้แห้งโดยวิธี Freeze drying คือ

- อุณหภูมิในการทำให้แห้งต่ำ จึงแทบจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของ องค์ประกอบต่าง ๆ ในระหว่างการทำให้แห้ง

- องค์ประกอบอื่น ๆ นอกเหนือไปจากน้ำ จะมีการระเหยน้อย เนื่อง จากการที่อุณหภูมิต่ำ

- จะไม่มีการทรงตัวของผลิตภัณฑ์ เมื่อนำมาละลายน้ำใหม่จะละลายได้ ง่าย

- ไม่มีการแข็งกระด้างเมื่อเก็บไว้นาน

- ไม่มีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์ต่าง ๆ ไม่สามารถเจริญ เติบโตนอกจากนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสารอันเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ จึง เหมาะสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารและยา

- ไม่เกิดการออกซิเดชันของสารในผลิตภัณฑ์โดยออกซิเจน เนื่องจากขบวนการนี้ทำภายใต้ความดันและอุณหภูมิต่ำ ดังนั้นปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงเกิดได้น้อย หรืออาจ ไม่เกิด

## อุปกรณ์และสารเคมีในการทดลอง

### วัตถุดิบ

ใบผักตบชวาขนาดกลางจากแหล่งน้ำบริเวณคณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

### สารเคมี

1. สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์

- 85 % อะซิโตน
- บีโตร์เลียมอีเธอร์
- โซเดียมซัลเฟต
- แคลเซียมคาร์บอเนต

2. สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดสีเขียวออกจากใบผักตบชวาของ  
เอธานอลเปรียบเทียบกับเมธานอล และ 85 % อะซิโตน

- 85 % อะซิโตน
- เอธานอล
- เมธานอล
- บีโตร์เลียมอีเธอร์
- โซเดียมซัลเฟต
- แคลเซียมคาร์บอเนต

### อุปกรณ์

1. เครื่องมือศึกษาปริมาณความชื้น

- Moisture can
- Drying Oven

## 2. เครื่องมือศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์

- โกร่ง (Mortar)
- อุปกรณ์กรองแบบ suction
- กระดาษกรอง เบอร์ 42
- กรวยแยก (Funnel)
- Spectrophoto meter CECIL 292

## 3. เครื่องมือศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการแยกสีเขียวออกจากใบผักตบชวาเพื่อใช้ทำสีผสมอาหาร

- อุปกรณ์กรองแบบ suction
- กระดาษกรองเบอร์ 42
- อุปกรณ์ Soxlet
- อุปกรณ์ Evaporator ROTAVAPOR R110
- Aluminium floud
- กะละมัง
- ผ้าขาวบาง
- Freeze dryer flask
- เครื่อง Freeze dryer MODEL FD - 1

## 4. เครื่องมือศึกษาสีและลักษณะที่ปรากฏของวงเมือผสมสีเขียวผงจากใบผักตบชวาเปรียบเทียบกับสีเขียวจากน้ำใบเตยและสีเขียวจากน้ำใบผักตบชวา

- ผ้าขาวบาง
- ทัพพลาสติกสีขาว
- Hot plate

## 5. เครื่องมือศึกษาอายุการเก็บรักษาสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา

- plate แก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กระดาษสีขาวตัดเป็นรูปวงกลมขนาดเท่า plate
- แผ่นพลาสติกใสบาง ๆ
- สมุดเทียบสี Muncell



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### วิธีการทดลอง

1. ศึกษาปริมาณความชื้นในใบผักตบชวาสด โดยวิธี Drying Method (AOAC, 1980) โดยนำตัวอย่าง 2 กรัม อบที่อุณหภูมิ 105° C นาน 2-3 ชั่วโมง
2. ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลในใบสดผักตบชวา

วิธีการปรับปรุงจาก Spectrophotometric Method (AOAC, 1984)

มีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างหั่นละเอียด ด้วยเครื่องชั่งชนิดละเอียดประมาณ 2 กรัม ใส่โกร่ง
2. ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 0.1 กรัม พร้อมกับบดตัวอย่างให้ละเอียด
3. ค่อย ๆ เทสารละลาย 85 % อะซิโตนลงไปสกัดตรงควัตถุสีเขียวออกจากใบให้หมด
4. กรองสารละลายที่ได้พร้อมกากด้วยวิธีการ suction ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42
5. เทสารละลายสีเขียวที่ได้ใส่ Volumetric flask 100 ml make volume ด้วย 85 % อะซิโตน
6. ใช้ปิเปตดูดสารละลายในข้อ 5 25 ml ใส่กรวยแยกที่มีปิโตรเลียมอีเธอร์อยู่ 50 ml
7. เติมน้ำประมาณ 10 ml เขย่ากรวยแยก แล้วตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น
8. โขเอาสารละลายชั้นล่าง (ชั้นสารละลายอะซิโตนและน้ำ) เก็บไว้สกัดต่อ แล้วโขเอาสารละลายชั้นบน (ชั้นสารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์) ใส่ Volumetric flask 100 ml
9. ใช้ปิเปตดูดปิโตรเลียมอีเธอร์ครั้งละ 5 ml ใส่กรวยแยก แล้วนำสารละลายชั้นล่างในข้อ 8 มาสกัดต่ออีกโดยปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 7 และ 8 เรื่อยไปจนสารละลายชั้นล่างไม่มีสีเขียวหลงเหลืออยู่
10. ใส่โซเดียมซัลเฟต 1 ซ้อนชา เติมน้ำกลั่น 100 ml คนให้ละลาย
11. เทสารละลายชั้นบนในข้อ 8 ลงไปในสารละลายโซเดียมซัลเฟต คนให้ผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น
12. เทสารละลายที่บน (ชั้นสารละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ที่แยกน้ำออกแล้ว) ใส่ Volumetric flask 100 ml make volume ด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์
13. นำไปวัดค่า Absorbance spectrum ที่ความยาวคลื่น 642.5 นาโนเมตร และ 660 นาโนเมตร แล้วคำนวณด้วยสูตร

$$\text{Total chlorophyll} = 7.12 A_{660.0} + 16.8 A_{642.5} \text{ mg/l}$$

$$\text{Chlorophyll a} = 9.93 A_{660.0} - 0.777 A_{642.5} \text{ mg/l}$$

$$\text{Chlorophyll b} = 17.6 A_{642.5} - 2.81 A_{660.0} \text{ mg/l}$$

3. ศึกษาประสิทธิภาพในการสกัดสีเขียวจากใบผักตบชวาของเอธานอลเปรียบเทียบกับเมธานอล และ 85 % อะซิโตน โดยใช้สายคาตรวดดูความเข้มของสีเขียวและหาปริมาณ Total chlorophyll ของแต่ละสารละลายที่สกัดออกมา

วิธีการปรับปรุงจาก spectrophotometric Method (AOAC, 1984) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 เรื่องการศึกษาคลอโรฟิลล์จากใบสดผักตบชวา เพียงแต่เปลี่ยนสารละลายที่ใช้สกัดจาก 85 % อะซิโตน เป็นเอธานอล และเมธานอล ตามลำดับ

4. ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการแยกสีเขียวออกจากใบผักตบชวาเพื่อใช้ทำสีผสมอาหารไทย

- 4.1 ศึกษาวิธีสกัดสีเขียวด้วยเอธานอลแล้วระเหยให้เข้มข้นด้วย Evaporator มีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีก 1. ใบสดผักตบชวาหั่นละเอียดประมาณ 20 กรัม ใส่โถกรองหรือครกใช้

2. ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 1 กรัม พร้อมกับบดตัวอย่างให้ละเอียด
3. ค่อย ๆ เทเอธานอลลงไปที่ตรงควัตถุสีเขียวออกจากใบให้หมด
4. กรองสารละลายที่ไ้พร้อมกากด้วยวิธีการ suction
5. เทสารละลายที่ได้ใส่ round bottom flask ของเครื่อง Evaporator
6. นำ round bottom flask ต่อเข้ากับเครื่อง Evaporator ที่ทำการควบคุมอุณหภูมิที่  $60^{\circ}\text{C}$
7. หุ้ม round bottom flask ด้วยแผ่น Aluminium foil
8. ทำการระเหยเอธานอลด้วย Evaporator

4.2 ศึกษาวิธีสกัดสีเขียวด้วยเอธานอลและระเหยให้เข้มข้นด้วย Soxlet มีขั้นตอน ดังนี้

1. โปสผักตบชวาแห้งละเอียดประมาณ 2 กรัม ห่อใส่กระดาษกรองเบอร์ 42
2. วางห่อกระดาษกรองลงใน timple แล้ววาง timple ลงใน Soxlet
3. เทเอธานอล 100 ml ลงใน round bottom flask แล้วต่อเข้ากับ Soxlet ในข้อ 2
4. ต่อกอนเตนเซอร์และอุปกรณ์ ๆ ที่ใช้ในการสกัดด้วย Soxlet
5. เปิดเตาให้ความร้อนที่เบอร์ 3
6. หุ้ม Soxlet และ round bottom flask ด้วย Aluminium foil

4.3 ศึกษาวิธีขยี้โปสกับน้ำแล้วระเหยให้แห้งเป็นผงด้วย freeze dryer มีขั้นตอนดังนี้

1. ขยี้โปสผักตบชวา 40 กรัม กับน้ำกลั่น 200 ml, ในกะละมัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรองสารละลายสีเขียวจากข้อ 1 ด้วยผ้าขาวบาง
3. ตั้งสารละลายที่กรองไว้ให้ตกตะกอน รินสารละลายสีเหลือง น้ำตาลชั้นบนทิ้ง
4. เติสารละลายสีเขียวเข้มข้นลงใน freeze dryer flask
5. จุ่ม flask ลงใน pre - freeze bath โดยต่อ flask เข้ากับหัว Rotor
6. ทำการ pre - freeze และ Freeze drying ด้วยเครื่อง Freeze dryer Model FD - 1 ที่ควบคุมคอนเทนเซอร์ อยู่ระหว่าง  $(-35) - (-40)^{\circ}\text{C}$  ที่ความดัน 0.7 torr เป็นเวลา ประมาณ 6 ชั่วโมง
5. ศึกษาปริมาณความชื้นในสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา โดยวิธี Drying Method โยนนำตัวอย่าง 0.5 กรัม อบที่อุณหภูมิ  $120^{\circ}\text{C}$  นาน 10 ชั่วโมง หรืออบจนความชื้นระเหยไปจนหมด
6. ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในสีเขียวที่ได้จากใบผักตบชวา  
วิธีการปรับปรุงจาก Spectrophotometric Method (AOAC, 1984) เช่นเดียวกับข้อ 2
7. ศึกษาปริมาณสารหนู ตะกั่ว และโลหะหนัก โยนส่งตัวอย่างสีเขียวผงที่ได้จนใบผักตบชวา ไปวิเคราะห์ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ
8. ศึกษาการละลายในน้ำของสีเขียวผงจากใบผักตบชวา

วิธีการปรับปรุงจากการละลายในน้ำของผงสีเขียวจากใบเตย (พัชรินทร์, 2524) มีขั้นตอนดังนี้

ใส่สีเขียวผงจากใบผักตบชวา 0.15 กรัม ลงในหลอดทดลองแล้วเติมน้ำกลั่น 20 ml. แบ่งสารละลายเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หลอดที่ 1 เขย่าและสังเกตสีด้วยตาและเทียบกับ Muncell และสังเกตการละลาย
- หลอดที่ 2 นำไปต้มจนเดือด สังเกตสีด้วยสายตาและเทียบกับ Muncell และสังเกตการละลาย
- หลอดที่ 3 นำสารละลายสีเขียวที่ได้จากการขยี้ใบสดผักตบชวามาเจือจางจนสารละลายใส สังเกตสีด้วยตาและเทียบกับ Muncell และสังเกตการละลาย

9. ศึกษาสีและลักษณะที่ปรากฏของวุ้นเมื่อผสมสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา เปรียบเทียบกับสีเขียวจากน้ำใบเตย และสีเขียวจากน้ำใบสดผักตบชวา

มีขั้นตอนดังนี้

1. ใช้สีเขียวผงจากใบผักตบชวา 0.15 กรัม ละลายน้ำ 10 ml. ทูท 5 ml. ใส่ถ้วยพลาสติกเบอร์ 1
2. ใช้ใบผักตบชวาสด 20 กรัม ขยี้กับน้ำ 100 ml. กรองสารละลายด้วยผ้าขาวบาง ทูท 5 ml. ใส่ถ้วยพลาสติกเบอร์ 2
3. ใช้ใบเตยสด 20 กรัม ขยี้กับน้ำ 100 ml. กรองสารละลายด้วยผ้าขาวบางทูท 5 ml. ใส่ถ้วยพลาสติกเบอร์ 3
4. นำวุ้นผง 1.5 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำ 150 ml. แล้วต้มให้เดือดแบ่งเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กัน เทลงในถ้วยพลาสติกทั้ง 3 ใบ

10. ศึกษาอายุการเก็บรักษาสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวาโดยตรวจการเปลี่ยนแปลงของสีเทียบกับ Muncell ในสภาวะต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง มีขั้นตอนดังนี้

1. วางกระดาษทรงกลมลงใน plate 3 อัน
2. ชั่งสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวาใส่ลงใน plate ทั้ง 3 อัน ๆ ละ 0.5 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. plate เบอร์ 1 ตั้งทิ้งไว้ที่มีแสงและมีอากาศ  
 plate เบอร์ 2 คลุมมิดชิดด้วยแผ่นพลาสติกใสให้แสงเข้าได้ แต่  
 ไม่มีอากาศ  
 plate เบอร์ 3 คลุมด้วยแผ่นพลาสติกใสหิมิดชิด แล้วหุ้มด้วย  
 Aluminium floud อีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันไม่ให้แสงและอากาศเข้า
4. ตั้ง 3 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (เฉลี่ย  $30^{\circ}\text{C}$ )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. ผลการทดลองหาปริมาณความชื้นในใบสดผักตบชวา

เนื่องจากการทราบว่าใบผักตบชวาที่ใช้เป็นวัตถุดิบในกรรมวิธีการทำ สีสีเขียวผสมอาหารที่ได้จากผักตบชวาในแหล่งน้ำบริเวณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง มีความชื้นเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับใบผักตบชวาจากแหล่งอื่น ๆ ที่มีผู้ทดลองไว้ พบว่า

% Moisture content ของใบสดผักตบชวาที่ใช้เป็นวัตถุดิบ คือ 85.243 %

เมื่อเปรียบเทียบกับ % Moisture content ของใบสดผักตบชวาที่ได้จากแหล่งน้ำจากจังหวัดต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่ได้ 84.31 - 93.04 % (ทิพวัลย์, 2530) จะเห็นได้ว่าอยู่ในช่วงเดียวกัน

### 2. ผลการทดลองหาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสดผักตบชวาแสดงทั้งตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการทดลองเปรียบเทียบคลอโรฟิลล์ในใบสดผักตบชวา

น้ำหนักใบสด	คลอโรฟิลล์เอ	คลอโรฟิลล์บี	Total chlorophyll		
			mg / l	%wet basis	%dry basis
2.0040	14.487	15.905	30.360	0.152	1.030
2.0129	14.158	15.807	29.939	0.149	1.010
			เฉลี่ย	0.151	1.020

เนื่องจากว่าคลอโรฟิลล์เป็นกลุ่มสารให้สีหรือรงควัตถุ (pigments) สีเขียวที่พบในพืช โดยเฉพาะส่วนใบ (ศิวาพร, 2529 ; Fermio, 1976) สีเขียวที่แยกออกมาจากใบผักตบชวาก็ต้องมีองค์ประกอบเป็นคลอโรฟิลล์ด้วย จึงได้ทำการศึกษาดังปริมาณ

คลอโรฟิลล์ของใบผักตบชวาก่อนนำมาเข้ากระบวนการแปรรูปเป็นสีเขียวผสมอาหาร พบว่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักเรียนไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด ( Total chlorophyll ) 0.151 % wet basis  
และ 1.020 % dry basis

3. ผลการทดลองประสิทธิภาพการสกัดสีเขียวออกจากใบผักตบชวาของเอธานอลเปรียบเทียบกับเมธานอล และ 85 % อะซีโตน

เนื่องจากทราบว่าคลอโรฟิลล์ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในแอลกอฮอล์และอะซีโตน ( Pennema, 1976) จึงได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาว่าเอธานอลซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ที่เลือกจะใช้เป็นตัวสกัดสีเขียวเพื่อใช้ทำสารละลายเข้มข้นของสีเขียว นั้น มีประสิทธิภาพในการสกัดเป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับเมธานอลและอะซีโตน แสดงผลดังตารางที่ 11

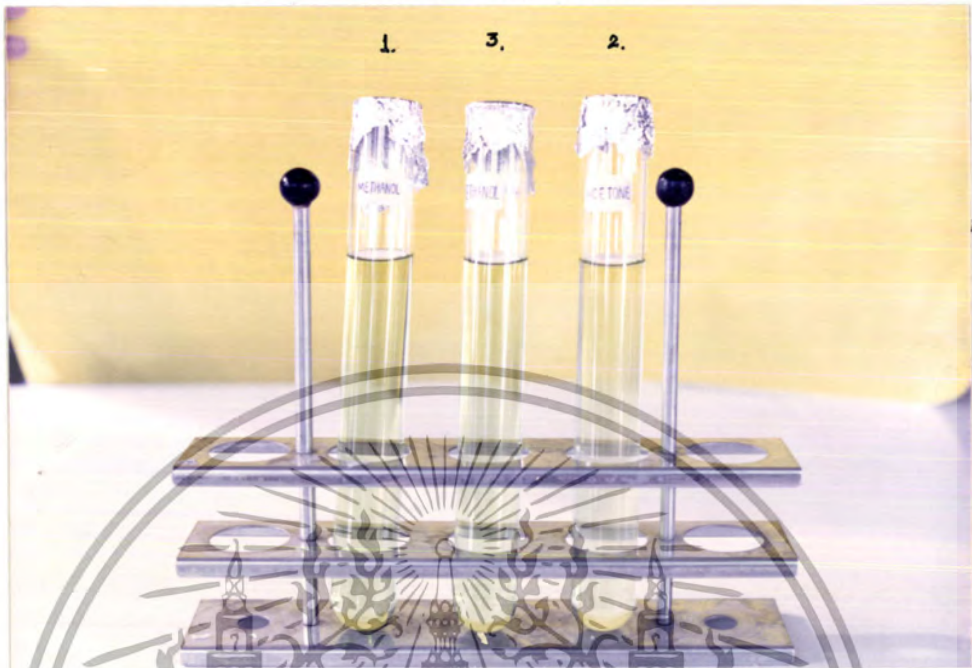
และรูปที่ 1 และ 2

ตารางที่ 11 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการสกัดสีเขียวออกจากใบผักตบชวาของเอธานอลเปรียบเทียบกับเมธานอล และ 85 % อะซีโตน

ตัวสกัด	Total chlorophyll		ลักษณะสารละลายที่สกัดได้	ลักษณะสีของกากบนกระดาษกรอง
	%wet basis	%dry basis		
เอธานอล	0.142	0.962	เขียวอ่อนสุด	เขียวปนน้ำตาลอ่อน
เมธานอล	0.445	3.016	เขียวเข้มสุด	น้ำตาลอ่อนเกือบขาว
85%อะซีโตน	0.151	1.020	เขียวเป็นอันดับ 2	น้ำตาลปนเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 ลักษณะสีของสารละลายที่สกัดได้จากใบผักตบชวา



รูปที่ 2 ลักษณะสีของกากบนกระดาษกรองที่ได้ออกจากการสกัดสีเขียวออกจากใบผักตบชวา



โดยเบอร์ 1	หมายถึง	จากเมธานอล
เบอร์ 2	หมายถึง	จากอะซีโตน
เบอร์ 3	หมายถึง	จากเอทานอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดโดยดูจากสีของสารละลาย สีของกากบนกระดาษกรอง และค่า Total chlorophyll ของสารละลายที่สกัดได้ ใ้พบว่าสารละลายที่สกัดคลอโรฟิลล์ออกจากใบไค้มากที่สุดคือเมธานอล รองลงมาคือ 85 % อะมิโน และเอธานอลตามลำดับ อย่างไรก็ตามการทดลองนี้ ใช้เอธานอลเป็นสารสกัดสีเขียวออกจากใบผักตบชวา เพราะต้องการให้สีที่ได้มีความปลอดภัยในการใช้ผสมอาหาร

4. ผลการทดลองหากรรมวิธีที่เหมาะสมในการแยกสีเขียวออกจากใบผักตบชวาเพื่อใช้ทำสีผสมอาหาร

เนื่องจากพบว่าเอธานอลใช้สกัดสีเขียวจากใบผักตบไ้ดีพอสมควร อีกทั้งยังรับประทานได้ จึงได้ทดลองใช้ กรรมวิธีการสกัดด้วยเอธานอลแล้วระเหยให้เข้มข้นด้วยความร้อน โดยให้ทดลอง 2 วิธี คือ

- 4.1 วิธีสกัดสีเขียวด้วยเอธานอลแล้วระเหยให้เข้มข้นด้วย Evaporator  
4.2 วิธีสกัดสีเขียวด้วยเอธานอลแล้วระเหยให้เข้มข้นด้วย Soxlet

แล้วสังเกตสีของสารละลายเข้มข้นที่ไ้ แสดงผลทั้งตารางที่ 12 รูปที่ 3

ตารางที่ 12 ผลการทดลองสกัดสีเขียวออกจากใบผักตบชวาด้วยเอธานอลแล้วระเหยให้เข้มข้นด้วยความร้อน

วิธีการระเหย	ลักษณะสีของสารละลายเข้มข้นที่ไ้
Evaporator	สีเขียวปนน้ำตาล
Soxlet	สีเขียวปนน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 ลักษณะสีของสารละลายเข้มข้นที่ได้จากการสกัดสีเขียวด้วยเอทานอลแล้วระเหยให้เข้มข้นด้วยความร้อน



สารละลายเข้มข้นที่ได้สีเขียวบนน้ำตาล เนื่องจากคลอโรฟิลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชันเนื่องจากอุณหภูมิสูง (ศิวาพร, 2529)

ต่อมาได้ศึกษากรรมวิธีสกัดพืชน้ำตาลโดยใช้อุณหภูมิสูง โยเยการชย้ไบสศกับน้ำแล้วระเหยให้แห้งเป็นผงด้วย freeze dryer

4.3 วิธีชย้ไบสศคดับน้ำแล้วระเหยให้แห้งเป็นผงด้วย freeze dryer

แสดงผลดังตารางที่ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 ร้อยละโชน้ำหนักของสีเขียวผงที่ได้จากการแยกโดยวิธีแช่กับน้ำแล้ว  
freeze drying

ครั้งที่	น้ำหนักใบสพคหขาว(๘.)	น้ำหนักผงสีเขียว(๘.)	ร้อยละน้ำหนักสด
1	40.๖๐	๐.๙๙๙๓	2.498
2	4๐.๐๐	๐.๙261	2.315
3	4๐.๐๐	๐.8643	2.162
เฉลี่ย	4๐.๐๐	๐.93๐1	2.325

จากการแยกสีเขียวออกจากใบสพคหขาวอินทรีย์ที่ผลิตโดยวิธีแช่กับน้ำแล้ว  
เป็นร้อยละโชน้ำหนักใบสดเป็น 2.325% สีเขียวผงที่ได้มีลักษณะเป็นผง สีเขียวเข้ม  
เมื่อเทียบกับ Muncell สีเทา 5 GY 5/8 สีเขียวที่เป็นที่ต้องการแล้วของลักษณะสีเขียว  
ผงดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 ลักษณะสีเขียวผงที่ได้จากการแช่กับน้ำแล้วและแห้งให้แห้งเป็นผงด้วย  
freeze dryer



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผลการทดลองหาความชื้นในสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา

ได้ค่า % moisture content = 6.652 % แสดงว่าสารผสมสีเขียวที่ได้จากการชย้บสกดกับน้ำเมื่อผ่านขบวนการ freeze drying จะได้ผงสีเขียวที่มีความชื้น 6.652 % ทำให้สะดวกและประหยัดเนื้อที่ในการบรรจุเพื่อเก็บรักษา

6. ผลการทดลองหาปริมาณคลอโรฟิลในสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา แสดงผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการทดลองหาปริมาณคลอโรฟิลในสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา

น้ำหนักสีผง	คลอโรฟิลเอ (mg/l)	คลอโรฟิลบี (mg/l)	Total chlorophyll		
			mg/l	%wet basis	%dry basis
0.0465	0.2329	0.0558	0.2885	0.0620	0.0660
0.0465	0.2428	0.0530	0.2956	0.0628	0.0670
เฉลี่ย 0.0465	0.2379	0.0544	0.2921	0.0624	0.0665

ในสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบคิดเป็นปริมาณ Total chlorophyll เท่ากับ 0.062 % น้ำหนักสีผง คิดเป็น 0.014 % น้ำหนักใบสด เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ Total chlorophyll ในใบสดผักตบชวาก่อนผ่านกรรมวิธีแยกสีเขียวออกมาในรูปสีเขียวผง ดังผลการทดลองที่ 2 คือ 0.151 % น้ำหนักใบสด พบว่าประสิทธิภาพในการสกัดเมื่อคิดจากปริมาณ Total chlorophyll ที่สกัดได้มีค่าเท่ากับ 9.265 %

ปริมาณคลอโรฟิลที่สูญหายไปในช่วงกรรมวิธีการทำสีเขียวผงเกิดขึ้นได้จาก

1. ดินค้ำงอยู่ในเชื้อยที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะลอดผ่านผ้าขาวบางในขั้นตอน

การกรอง

2. คัดล้างอยู่ในใบส่วนที่เหลือจากการชั่งในชั้นตอนชั่งใบสดทันที
3. คัดล้างอยู่ในสารละลายชั้นบนที่ทิ้งไปในชั้นตอนตกตะกอน

7. ผลการศึกษาปริมาณสารหนู ตะกั่ว และโลหะหนัก โดยส่งตัวอย่างสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวาไปวิเคราะห์ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ได้มีการทดลองโดยหน่วยเภสัชกรรมและเภสัชวิทยาของสถานวิจัยผลิตภัณฑ์เภสัช สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แล้วว่า คลอโรฟิลจากใบผักตบชวาสามารถนำไปใช้ทำสีประกอบอาหารได้ (ณรงค์, 2518) และมีรายงานว่าผักตบชวาเคยถูกนำไปเป็นเครื่องเคียงอาหารในเกาะ Formosa (India, 1952)

เนื่องจากต้องการทราบเพิ่มเติมว่าสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวามีปริมาณโลหะหนักอยู่ในระดับที่เกินมาตรฐานสีผสมอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2525) หรือไม่ จึงได้ส่งตัวอย่างสีเขียวผงดังกล่าวไปตรวจหาปริมาณสารหนู ตะกั่ว และโลหะหนักโดยรวม ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้ผลดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการศึกษาปริมาณสารหนู ตะกั่ว และโลหะหนักในสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา

โลหะหนักที่ตรวจ	ปริมาณ (mg / kg)	
	ใบสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา	ตามมาตรฐานสีผสมอาหาร
สารหนู	0.15	น้อยกว่า 5
ตะกั่ว	1.10	น้อยกว่า 20
โลหะหนัก	ไม่เกิด 10	น้อยกว่า 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปริมาณสารหนู ตะกั่ว และโลหะหนักโดยรวมที่ตรวจพบในสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา เปรียบเทียบกับมาตรฐานสีผสมอาหารดังกล่าวแล้ว พบว่าอยู่ในระดับที่ไม่เกินมาตรฐาน

#### 8. ผลการทดสอบการละลายในน้ำของสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา

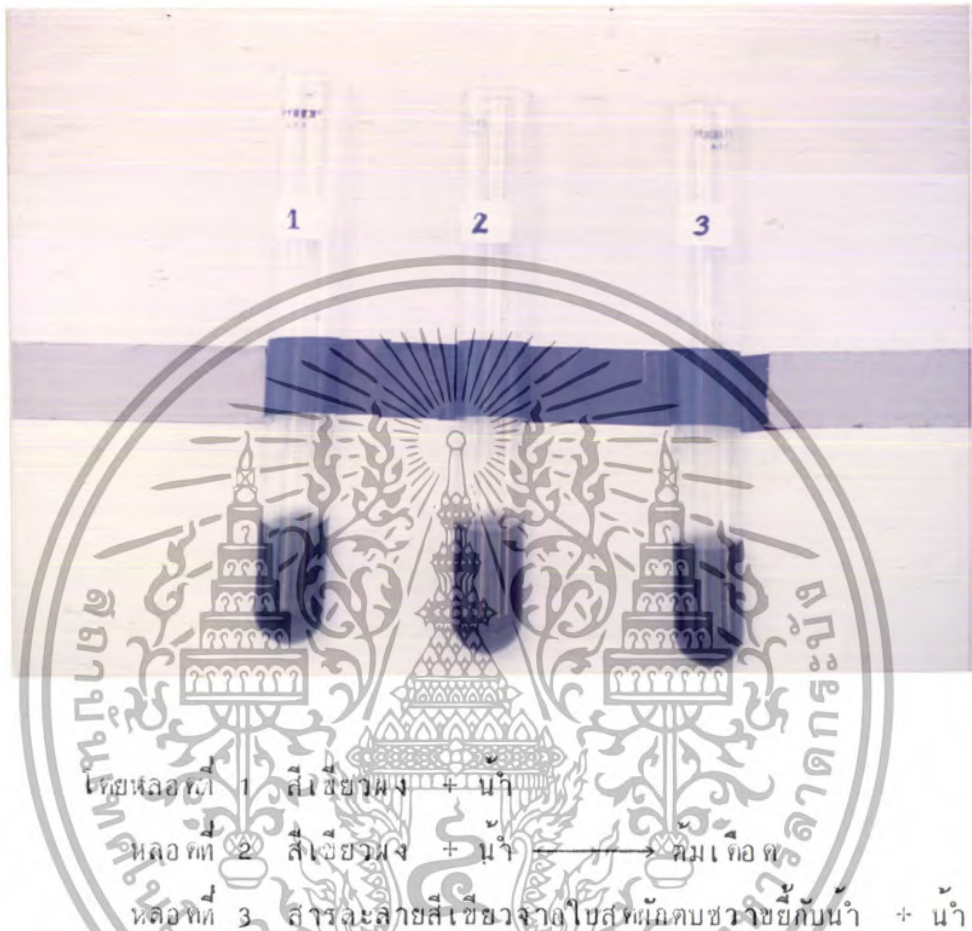
การใช้สีผสมอาหารในรูปผงทั่ว ๆ ไป มักนำมาละลายน้ำก่อน จึงได้ทดสอบการละลายในน้ำของสีเขียวผงที่ได้เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพในการใช้งานในเรื่องการละลาย แสดงผลดังตารางที่ 16 และรูปที่ 5

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบการละลายในน้ำของสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา

หลอด	ผลการสังเกต		
	สี	สีเทียบจาก Muncell	การละลายน้ำ
1	เขียว	5 Gy 4/4	ละลายบางส่วน ส่วนที่เหลือเป็น คอลลอยด์ และเศษเยื่อใยเล็ก ๆ
2	เขียวเกือบดำ	5 Y 5/4	ละลายบางส่วน ส่วนที่เหลือเป็น คอลลอยด์ และเศษเยื่อใยเล็ก ๆ
3	เขียว	5 Gy 4/4	ละลายบางส่วน ส่วนที่เหลือเป็น คอลลอยด์ และเศษเยื่อใยเล็ก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 ผลการทดสอบการละลายในน้ำของสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา



เมื่อทดสอบการละลายน้ำพบว่าส่วนใหญ่เป็น colloid และเศษเยื่อใยชิ้นเล็ก ๆ ที่ได้จากเยื่อใยในใบสัคคินซ์แล้ว มีขนาดเล็กเกินกว่าจะติดผนังภาชนะบางในขั้นตอนการกรองหลังชัยกับน้ำ ส่วน colliod เกิดจากการไม่ละลายในน้ำของคลอโรฟิล (Fennema 1976)

ในหลอดที่ 1 และหลอดที่ 3 ละลายน้ำแล้วให้สีเขียวเหมือนกัน แสดงว่าสีเขียวผงและสีจากสารละลายสีเขียวจากใบสัคคินซ์ชวาให้สีเขียวที่เหมือนกัน ในหลอดที่ 2 ให้สีเขียวเกือบดำ เนื่องจากคลอโรฟิลเกิดการออกซิไคซ์ เนื่องจากแสงและความร้อน (ศิวัพร, 2529) ฉะนั้นในการนำไปใช้งานของสีเขียวจากใบผักตบชวาทั้งใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปสารละลายจากใบสดและใบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไม่ควรผสมลงในอาหารขณะที่ให้ความร้อนสูงหรือก่อนให้ความร้อนสูง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเปลี่ยนเป็นสีเขียวเกือบดำของสีเขียวก่อนแรก

9. ผลการศึกษาสีและลักษณะที่ปรากฏของวุ้นเมื่อผสมสีเขียวก่อนที่ใส่จากใบผักตบชวาเปรียบเทียบกับสีเขียวก่อนน้ำใบเตยและสีเขียวก่อนน้ำใบสดผักตบชวา

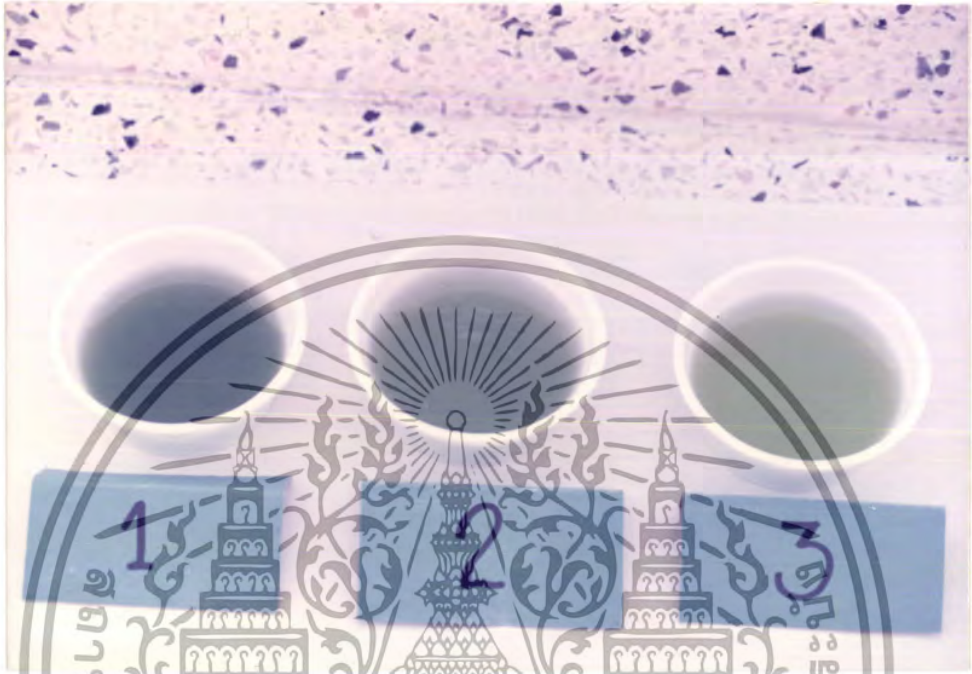
สีเขียวที่ใช้ผสมอาหารทั่วไปเช่น วุ้น ส่วนใหญ่จะใส่จากใบเตย การทดลองนี้จึงต้องการศึกษาความแตกต่างของสีเขียวที่ใส่จากใบผักตบชวาและใบเตย แสดงผลทั้งตารางที่ 17 และรูปที่ 6

ตารางที่ 17 ผลการศึกษาสีและลักษณะที่ปรากฏของวุ้นเมื่อผสมสีเขียวก่อนที่ใส่จากในผักตบชวา เปรียบเทียบกับสีเขียวก่อนน้ำใบเตยและสีเขียวก่อนน้ำใบสดผักตบชวา

ถ้วยเบอร์	สีและลักษณะที่ปรากฏของวุ้น
1	เขียวเข้มที่สุด , ชนเล็กน้อย
2	เขียวเขมรองจากถ้วยเบอร์ 1 , ชนเล็กน้อย
3	เขียวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6 สีและลักษณะปรากฏของวุ้นเมื่อผสมสีเขียวที่ได้จากใบผักตบชวาและใบเตย



1. โยวขาวเบอร์ 1 วุ้น + สีเขียวที่ได้จากสีเขียวผง  
 2. โยวขาวเบอร์ 2 วุ้น + สีเขียวที่ได้จากน้ำใบผักตบชวา  
 3. โยวขาวเบอร์ 3 วุ้น + สีเขียวที่ได้จากน้ำใบเตย

สีเขียวน้ำจากใบผักตบชวาให้สีเขียวน้ำที่เข้มกว่าสีเขียวน้ำจากใบเตย และมีความ  
 ชุ่ม เนื่องจากเศษเยื่อใยจากใบผักตบที่ลอยคตามหาขาวางในชั้นตอนการกรอง ฉะนั้นสีเขีย  
 จากใบผักตบทั้งที่อยู่ในรูปน้ำใบผักตบชวาและสีเขียวน้ำที่ได้จากใบผักตบชวาจึงเหมาะที่จะ  
 ใช้ผสมในอาหารที่ไม่ต้องการให้เห็นความชุ่มที่เกิดจากเศษเยื่อใย เช่น ขนมเปียกปูน  
 (ชนิดสีเขียวน้ำ) ขนมชั้น ขนมลิ่มกลั่น

10. ผลการทดลองหาอายุการเก็บรักษาสีเขียวน้ำที่ได้จากใบผักตบชวาโดยตรวจการ  
 เปลี่ยนแปลงของสีที่พบกับ Muncell ในสภาวะต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากคลอไรด์จะถูกออกซิไดส์ ทำให้สีเปลี่ยนแปลงไปเมื่อถูกแสงและออกซิเจน (สิวาพร, 2529 .) จึงได้ทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวา แสดงผลดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการทดลองหาอายุการเก็บรักษาสีเขียวผงที่ได้จากใบผักตบชวาในสภาวะต่าง ๆ ที่อุณหภูมิห้อง

จำนวนวัน	สภาวะที่เก็บ ณ อุณหภูมิห้อง		
	มีแสง + อากาศ	มีแสง + ไม่มีอากาศ	ไม่มีแสง + ไม่มีอากาศ
0	5 GY 5/B	5 GY 5/B	5 GY 5/B
15	5 GY 5/B	5 GY 5/B	5 GY 5/B
30	5 GY 5/B	5 GY 5/B	5 GY 5/8
45	2.5 GY 5/8	2.5 GY 5/6	5 GY 5/8
60	Y 6/4	5 Y 8/4	5 GY 5/8
75	5 Y 6/4	5 Y 3/4	5 GY 5/8
90	5 Y 6/4	5 Y 8/4	5 GY 5/8

พบว่าคลอไรด์ในสีเขียวเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเขียวน้ำตาล (2.5 GY 5/8 และ 2.5 GY 5/6) เมื่อเก็บที่สภาวะมีแสงและมีอากาศ หรือมีแสงและไม่มีอากาศ โดยเริ่มเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บได้ 30 - วัน หรือ 1 เดือน แต่ถ้าเก็บที่สภาวะไม่มีแสงและไม่มีอากาศจะเก็บได้นาน 3 เดือน เป็นอย่างน้อยโดยไม่มี การเปลี่ยนแปลงสี เนื่องจากคลอไรด์ไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน แสดงว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเก็บรักษาสีเขียวผงจากใบผักตบชวา คือ ไม่มีแสงและไม่มีอากาศ เช่น เก็บในขวดสีชาปิดจุกชั้นใน และฝาเกลียวอีกชั้นหนึ่ง ดังตัวอย่างในรูปที่ 7

รูปที่ 7 ตัวอย่างการเก็บรักษาสีเขียวหงที่ไต่จากใบผักกบชวาไฮโดรไลซ์ขวัตสีสาผา 2 ชั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

การทำใบผักตบชวา มาทำเป็นสีเขียวผสมอาหารนั้น วิธีที่เหมาะสม คือ การทำสารละลายสีเขียวที่ไต้ทำแห้งด้วยวิธีการ freeze drying ซึ่งน้ำหนักผักตบชวาสด 40 กรัม ได้ผงสีเขียวที่มีความชื้น 6.652 % ประมาณ 2.325 กรัม ละลายน้ำไต้บางส่วน เมื่อนำมาผสมกับวุ้นจะเห็นเป็นสีเขียวล้ำเมื่อเทียบกับสีเขียวที่ได้จากใบผักตบชวาสดและใบเตยสด ความเป็นเนื้อเดียวกันกับวุ้นที่ผสม ไม่ดีเท่าใบเตยสด คือ มองเห็นเป็นเยื่อใยอยู่บ้าง ผงสีเขียวนี้น้ำหนักในที่แห้ง ไม่มีอากาศและแสง เช่น เก็บไว้ในขวดแก้วสีชา ปิดฝา 2 ชั้น จะเก็บไต้อย่างน้อย 3 เดือน โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี และจากการวิเคราะห์จากปริมาณสารหนู ตะกั่ว และโลหะหนัก พบว่ามีสารหนู 0.15 mg/kg ตะกั่ว 14.10 mg/kg และโลหะหนักไม่เกิน 10 mg/kg ซึ่งไม่เกินมาตรฐานสีผสมอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2525) จึงนับว่าสีเขียวนำมาจากใบผักตบชวาที่เก็บมาจากแหล่งน้ำ บริเวณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ใช้บริโภคได้

## เอกสารอ้างอิง

จินตนา เขมาวุฒม์. 2529. สีส้มอาหาร. วารสาร สสวท สถาบันส่งเสริมการสอน  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 14(4) : น.37 และ 39

เขาวาน์ ชีโนรักษ์ และพรณี ชีโนรักษ์. 2509. ชีววิทยาเล่ม 1. โรงพิมพ์อักษร  
ประเสริฐ. 104 - 106 น.

ชูจิตต์ เครือตราชู และเกียรติ อนันตชัย. 2523. การวิเคราะห์ ปรอท แคทเมียม  
และตะกั่ว ในน้ำที่มาจากแหล่งน้ำที่มีการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ บริเวณสถานี  
วิจัยสิ่งแวดล้อม สะแกราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
กรุงเทพฯ : 4, 5-6, 16-24 น.

ณรงค์ โคมเฉลา. 2518. ประโยชน์ของพืชขน้า. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 8 :  
91-94 และ 97

ทิพวัลย์ คำเหม็ง, ศุภลักษณ์ ศรีจรรย์และเฉลิม เรืองวิริยะชัย. 2530. การตรวจ  
สอบส่วนประกอบทางเคมีของผักตบชวา. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.  
15(3) : น. 180-186

ธวัชชัย รัตน์เวช และศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา. 2525. พืชในที่ราบลุ่มเชียงใหม่,  
โครงการศูนย์

ปกิณกะ. 2530. สีธรรมชาติ. วารสารอาหาร. 17(3) : น. 189-194

ภักดี โพธิศิริ. 2522. สีส้มอาหาร. วิทยาศาสตร์การอาหาร วารสารเพื่อวิทยาศาสตร์  
และเทคโนโลยีการอาหาร 10(2) : น. 15-16

รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. 2520. การศึกษาทางด้านสัณฐานวิทยาและเซลล์วิทยาพืชในวงศ์  
.Pontederiaceae ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตร  
ศาสตร์. กรุงเทพฯ

- วรรณ ลีเกษมคานต์. 2529. สีสผสมอาหาร. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 4(3) :  
น.46-49
- ศิวาพร ศิวเวช. 2529. สีสผสมอาหาร. วัตถุประสงค์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.  
89-91 น.
- สุทิน สบเศรษฐศิริ. 2518. สีสผสมอาหาร ยา และเครื่องสำอางที่ถูกต้องตามกฎหมาย.  
วารสารเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2(1) : น.1-4
- สุชาติ จูอนุวัฒนกุล. 2526. สีสผสมอาหาร. วารสารวิทยาศาสตร์สมาคมวิทยาศาสตร์  
แห่งประเทศไทย. 37(12) : น.707
- อัญเชิญ คงแสงดาว. 2520. เรื่องน้ำรั่วของผักตบชวา. วิทยาสารของชมรมพืชแห่งประเทศไทย.  
1(1) : น.1-21
- อัจฉริยวรรณ เชาว์วาทิน. 2523. ผลของผงขี้กบต่อการเจริญเติบโตของผักตบชวา.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- Abdalla , A.A and Abdel Hafeez , A.T. 1969 . Some aspects of  
utilization of water hyacinth (Eichhornia crassipes) . PANS.  
15 : 204 - 207
- Bhenja , A. and Sircar , S.M. 1966 . Gibberellins from the water  
hyacinth . Sci . Culf . 32 : 371 - 372
- Boyd , C.E. 1969 . The nutritive value of three species of water  
weeds . Econ . Bot., 23 : 123 - 127
- Flosdorf , E.W. 1949 . Freezing Drying , Reinhold Publishing Co.,  
New York
- Fennima . R , Oveon . 1976 . Principles of food science part 1 .  
Food chemistry , Madison , Wisconsin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Goodwin T.W. , 1976 . Chemistry and biochemistry of plant pigments  
volumne 2 , Liverpool , England

India 1952 . Council of scientific and Industrial Research , The  
Wealth of India . Vol.3 Raw materials . New Delhi , CSIR ,  
pp 130 - 4

Little , EC.S. and I.E. Henson . 1976 . The water content of some  
important tropical water weeds . PAN (C) , 13 (3) : 223 - 7

Meyer , B.S. , Anderson , D.B. and Swanson , C.A. , 1955 . Laboratory  
plant physiology , 2 rd. ed. D. Van Nostrand Company Inc. ,  
New York . pp 82 - 101 , 164 - 166

Neogi , S. and Rajagopal , K. 1949 . A method for the production of  
carotene concentrate from water hyacinth (Eichhornia Crassipes ,  
Solms .) . J. Sci . Ind . Res . 8B (7) : 119 - 121

Nag , B. 1973 . The control of water hyacinth by means of utilization  
zation . paper presented at the seminar on Naxious Aquatic  
Vegetation in the Tropics and Sub . tropics , New Delhi ,  
Dec . 12 - 16

Oyakawa , N and other . 1965 . The use of Eichhornia Crassipes in  
the production of Yeast , animal rations , and forage . paper  
presented at 9th Int . Grassl . Congr . San Paulo

Taylor , K.G. and ROBBINS , R.C. 1968 . The amino acid composition  
of water hyacinth (Eichhornia Crassipes) and its value as a  
protein supplrmnt hyacinth Contr . J. 7 : 24 - 125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Villadolid , D.V. and D.M. Bunag . 1953 New uses for water hycinths

Phillipp . Fish . Yearb . , : 80 - 1 , 241 - 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว

วิธีการวิเคราะห์ที่ดัดแปลงจากวิธีของ FAO (1980)

### เครื่องมือ

1. ชามระเหยขนาด 150 มิลลิกรัม
2. hot air oven
3. เครื่องชั่งอย่างหยาบและเครื่องชั่งอย่างละเอียด
4. เครื่องตรวจวิเคราะห์ atomic absorption spectrophotometer ( Parkin Elmer Model 373) การปรับเครื่องมือ เพื่อการวิเคราะห์หาตะกั่ว  
ตั้งแสดงในตาราง

Operation Condition	Item	Lead
atomic absorption spectrophotometer	1. wavelength, nm	283.3
	2. slit, nm	0.2
	3. light source	hallow cathode lamp
	4. flame type	air acetylene flame

### สารละลายที่ใช้และวิธีเตรียม

1. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 : 1 เติมกรดไฮโดรคลอริก 1 ส่วนในน้ำกลั่น 1 ส่วน
2. สารละลายแมกนีเซียมไนเตรท ละลายแมกนีเซียมไนเตรท 20 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร ในขวดปริมาตร เก็บสารละลายไว้ในขวดสีชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์

ซึ่งผงสีเขียวจากใบผักตบชวา 10 กรัม ใส่ในชามระเหย เติมน้ำละลายแมกนีเซียมในเตรท 5 มิลลิลิตร นำไปอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 100-130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เอาออกจาก hot air oven แล้วนำไปเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้แก่สีขาว นำออกจาก muffle furnace ทิ้งให้เย็นละลายแก่สีขาวด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 : 1 ปรับปริมาตรด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 : 1 เก็บในขวดแก้ว ( vial ) นำไปหาปริมาณโลหะหนัก ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer การเตรียม blank ทำแบบเดียวกับตัวอย่างผงสีเขียว แต่ไม่ใส่ผงสีเขียว

การแสดงสารละลายมาตรฐานเพื่อทำ standard curve

การเตรียมสารละลายมาตรฐานตะกั่ว ใช้ lead nitrite stock standard solution 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของบริษัท MARLE CO GIBBSTWN N.J. 08027 U.S.A. นำมาเจือจางเป็นสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร อย่างละ 100 มิลลิลิตร

### วิธีวิเคราะห์

การทำ standard curve ของตะกั่ว โดยนำสารละลายของตะกั่วมาวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer โดยปรับเครื่องให้มีสภาวะเหมาะสม นำค่า absorption ที่วัดได้กับความเข้มข้นของสารละลายของตะกั่วมาเขียน standard curve ลงในกระดาษกราฟ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของตะกั่วในตัวอย่างผงสีเขียว

การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว ในตัวอย่างสีเขียวผง โดยนำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer พร้อมทั้งวัด blank ลีน เช่นเดียวกับตัวอย่าง นำค่า absorbance ที่ได้ไปเทียบกับ standard curve

เพื่อหาปริมาณโลหะในสีเขียวผงต่อไป

การวิเคราะห์หาปริมาณสารหนู

วิธีการวิเคราะห์ที่ดัดแปลงจากวิธีของ AOAC (1980)

เครื่องมือ

1. เครื่องมือหาปริมาณสารหนู ดังแสดงในภาพข้างล่าง



2. เครื่อง spectrophotometer Hitachi Model 220-20

3. สำลีสู่บสารละลายเลทอะซีเตอ้อมหัว ทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

สารเคมีและวิธีการเตรียม

- สารละลายซิลเวอร์ไนโอเอทิลไดไฮโอคาร์บาเนต ละลายซิลเวอร์ไนโอเอทิลไดไฮโอคาร์บาเนต 0.5 กรัม ในไนฟริติน แล้วเติมไนฟริตินจนครบ 100 มิลลิลิตร

เอกสารในข้อนี้พิมพ์ขึ้นเพื่อแจกจ่ายแก่บุคลากรในสถานศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
± สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดต์ สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดต์

15 กรัม ในน้ำกลั่น และเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เก็บวาลละลายไว้ในขวดสีชา

- สารละลายแอสแตนนีเสคโลไรต์ ละลายแอสแตนนีเสคโลไรต์ 40 กรัม ในส่วนผสมของน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร กับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 75 มิลลิลิตร

- สารละลายเลทอะซีเตอัมตัว ละลายเลทอะซีเตอัมตัวในน้ำกลั่นจนอิ่มตัว

- สำลึซุบสารละลายเลทอะซีเตอัมตัว ทำให้แห้ง

- สังกะสีชนิดปลอดสารหนู

สารละลายมาตรฐานสารหนู ละลายอาร์เซนิกไตรออกไซด์ (arsenic trioxide) 0.1320 กรัมในสารละลายไฮโดรอกไซด์ (sodium hydroxide solution) 2 มิลลิลิตร (ไฮโดรอกไซด์ 2 กรัมละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร) เติมน้ำจนครบ 1,000 มิลลิลิตร จะมีสารหนู 100 กรัม จากนั้นเปิดสารละลายมาตรฐานสารหนูที่เตรียมนี้ 5 มิลลิลิตรใส่ในขวดที่ปริมาตรขนาด 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น สารละลายนี้จะมีสารหนู 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

การเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์

ซึ่งตัวอย่างผงสีเขียว 10 กรัม ใส่ลงในขวด ก. เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 60 มิลลิลิตร โดยเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดต์ 2 มิลลิลิตร และสารละลายแอสแตนนีเสคโลไรต์ 2 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที จากนั้นใส่สำลึซุบตัวด้วยอะซีเตอัม ในหลอดแก้ว ข. (เพื่อให้ absorb ภายไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่อาจเกิดขึ้น) ใส่สารละลายซิลเวอร์ไอโอไดด์ไทโอคาร์บาเนท 5 มิลลิลิตรในหลอดแก้ว ค. จากนั้นนำอุปกรณ์ที่เตรียมไว้นี้เปรียบกับขวด ก. ก่อนเปรียบใส่สังกะสีชนิดปราศจากสารหนูจำนวน 5 กรัม ทิ้งไว้ 45 นาที นำสารละลายซิลเวอร์ไอโอไดด์ไทโอคาร์บาเนทในหลอดแก้ว ค.

ไปวัดความเข้มสีโดยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การเตรียม standard curve

นำสารละลายมาตรฐานสาเหตุที่มีสารหนู 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตรมา 0.5, 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัม ใส่ flask พร้อมกับเตรียม blank แล้วใช้วิธีการตามการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ เขียน curve ระหว่างค่า absorbance และความเข้มข้น

### วิธีใช้เครื่อง Freeze - dryer Model FD - 1

1. ก่อนเสียบปลั๊กต้องเช็คว่าปุ่มทุกปุ่มบนตัวเลขอยู่ที่ตำแหน่ง OFF
2. เท Methyl หรือ Ethyl alcohol ลงไปใน pre - freeze bath ประมาณ 8 ลิตร
3. กดปุ่ม power ไปที่ ON
4. กดปุ่ม Pre - freeze bath (Bath cold) ไปที่ ON รอจนกระทั่งอุณหภูมิของ Anti - freeze liquid เท่ากับ  $-50^{\circ}\text{C}$  (ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง)
5. กดปุ่ม Drying chamber ( Trap cold ) ไปที่ ON (อุณหภูมิภายใน Drying chamber จะเท่ากับ  $-50^{\circ}$  ภายในเวลา 5 นาที)
6. กดปุ่ม Vacuum pump ไปที่ ON
7. เท Sample ลงไปใน Flask โดย Sample ที่เติมลงไปควรมีปริมาตรน้อยกว่า 1 ใน 3 ของ Flask ไม่เช่นนั้นความหนาของ Sample จะมากเกินไปทำให้แห้งช้า
8. จุ่ม Sample flask ลงใน Pre - freeze bath โดยต่อ Flask เข้ากับตัว Roter กดปุ่มให้ Roter หมุนเพื่อให้ Sample กระจายเป็นแผ่นน้ำแข็งบาง ๆ ติดที่ Flask
9. เมื่อ Sample แข็งที่แล้ว ปิดสวิทช์ให้ Roter หยุดหมุนดึง Sample flask ออกจาก Pre - freeze bath แล้วนำไปต่อกับ Sealed valve หมุนหัวลูกศรขึ้นขณะที่เครื่อง Operate อยู่ นั่นจะมีไอน้ำในอากาศเกาะเป็นเกล็ดน้ำแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่พิมพ์ขึ้นไว้สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. เมื่อ Sample แห้งสนิท (สังเกตไต่โดยเกลือหมาแข็งละลายออกจาก Flask ตานนอกจนหมด) หมุนหัวลูกศรลงแล้วดึง Sample flask ออกจาก Sealed valve
11. ปิดสวิทซ์ให้ปุ่มทุกปุ่มไปอยู่ที่ OFF
12. Drain น้ำที่เกิดจากขบวนการทำแห้งออกจาก Drying chamber โดยเปิดจุกจากสายข้างด้านซ้ายมือ

\* เมื่อทำการทดลองเสร็จแล้วต้องทำความสะอาดและคลุมผ้าให้เรียบร้อย \*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้