

16682

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผงย่านาง

(Snack Tree Power)

โดย

น.ส. กัญญา เอนบูรณะยนต์

นาย วัชรพล พัฒนรัชต์

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... ๒๑/๕.๑/๔๓

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

(.....)

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

.....

(.....)

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

๓ ๓๑๒๘

๒๕๔๒

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผงย่านาง
(Snack Tree Powder)



T096535

นางสาวกัญญา เจนบูรณะยนต์
นายวัชรพล พัฒนรัชต์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2543

ฟพ.
ก392๗
2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน เดือน ปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันยา เจนบุรณะยนต์ และ วัชรพล พัฒนรัชต์. 2543. : พงย่านาง (Snack Tree Powder) สาขาวิชา
อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ประมวล ศรีกาหลง, หน้า 54

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการผลิตย่านางผง โดยศึกษาวิธีการสกัดสีจากใบย่านาง, หาอัตราส่วนที่
เหมาะสมระหว่างสารสกัดจากใบย่านางกับแป้งข้าวเหนียว ตลอดจนศึกษาการยอมรับการใช้ย่านางผง
ในผลิตภัณฑ์ซูพหน่อไม้ พบว่า การสกัดโดยเครื่องปั่นเป็นวิธีการที่ดีที่สุด ซึ่งพบว่าปริมาณ
คลอโรฟิลล์, ปริมาณของแข็งทั้งหมด และค่าสีเขียวที่ได้จากการวัดสีเข้มที่สุด จากการทดลองทาง
ประสาทสัมผัส ผู้บริโภครับการยอมรับผลิตภัณฑ์ย่านางผงที่มีอัตราส่วนระหว่างสารสกัดจากใบย่านาง
กับแป้งข้าวเหนียว 10 มากที่สุด

กันยา เจนบุรณะยนต์

วัชรพล พัฒนรัชต์

ประมวล ศรีกาหลง

๒๑ / ๒๕๖๓ / ๔๓

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

วัน เดือน ปี

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาจากอาจารย์ประมวล ศรีกาหลง ซึ่งได้ให้คำปรึกษาและแนะนำผู้จัดทำปัญหาพิเศษตลอดมา ผู้จัดทำรู้สึกทราบบ้างซึ่งในความอนุเคราะห์จากท่าน และกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอาจารย์กัลยาณี โสมนัส เต็งพงษธร และอาจารย์ชมพูนุท สิทธิโสภณ ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการปัญหาพิเศษและให้คำแนะนำและชี้แนวทางในการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนเพื่อนๆ ที่คอยเป็นกำลังใจและช่วยเหลือตลอดมา

กัญญา เจนบูรณะยนต์

วัชรพล พัฒนรัชต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. วารสารปริทรรศน์	
2.1 ไบยานาง	2
2.2 แป้งและสมบัติต่างๆ ของแป้ง	4
2.3 สตาร์ช (starch) และสมบัติของสตาร์ช	9
2.4 แป้งข้าวเหนียว	15
2.5 สีผสมอาหาร	18
2.6 การสกัดรงควัตถุจากพืช	23
2.7 คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll)	24
3. อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีการทดลอง	27
4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	32
5. สรุปผลการทดลอง	41
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของย่านางผง	44
ภาคผนวก ข ความหมายของค่าสีในระบบ Hunter	45
ภาคผนวก ค การอ่านค่าสีจากเครื่อง Minolta Chromameter CR 300	46
ภาคผนวก ง วิธีวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ของไบยานาง	47
ภาคผนวก จ วิธีวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสารสกัดจากไบยานาง	48
ภาคผนวก ฉ วิธีวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด	49
ภาคผนวก ช ตารางแสดงผลเปรียบเทียบทางสถิติ	50
ประวัติผู้เขียน	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สัตว์ส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน	8
2 คุณสมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	12
3 คุณลักษณะของเม็ดสตาร์ช	13
4 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีและแป้งที่ผลิตภายในประเทศบางชนิด	17
5 อุณหภูมิการเกิดเจลของแป้งภายในประเทศบางชนิด	17
6 แสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ของไบบ่านาง	32
7 แสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของไบบ่านางและแป้งข้าวเหนียว	32
8 แสดงผลของการวิเคราะห์ความเป็นกรดต่างของไบบ่านาง	33
9 แสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของไบบ่านางด้วยระบบ Hunter	33
10 แสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสารสกัดจากวิธีการสกัดต่างๆ	34
11 แสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของสารสกัดจากวิธีการสกัดต่างๆ	35
12 แสดงผลของการวิเคราะห์ความเป็นกรดต่างของสารสกัดจากวิธีการสกัดต่างๆ	35
13 แสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของสารสกัดจากวิธีการสกัดต่างๆด้วยระบบ Hunter	36
14 แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของย่านางผงที่ได้จากการเติมแป้งข้าวเหนียวที่อัตราส่วนต่างๆ	37
15 แสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ของย่านางผง	39
16 แสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของย่านางผง	39
17 แสดงผลของการวิเคราะห์ความเป็นกรดต่างของย่านางผง	40
18 แสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของย่านางผงด้วยระบบ Hunter	40
19 แสดงผลคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัสด้านสีของย่านางผงที่อัตราส่วนต่างๆ	50
20 แสดงผลคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของย่านางผงที่อัตราส่วนต่างๆ	51
21 แสดงผลคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัสด้านความหนืดของย่านางผงที่อัตราส่วนต่างๆ	52
22 แสดงผลคะแนนการทดสอบด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของย่านางผงที่อัตราส่วนต่างๆ	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โครงสร้างของอะไมโลส	6
2 โครงสร้างของอะไมโลเพคติน	6
3 กราฟแสดงความหนืดของเพสต์ (Paste) แบ่งชนิดต่างๆ โดยความเข้มข้นของน้ำแป้งที่ใช้เป็นกรัมของน้ำหนักแป้งแห้งต่อน้ำแป้ง 500 มิลลิลิตร	9
4 ลักษณะเมล็ดสาร์ข้าวสาลีและข้าวเจ้า	11
5 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์เอ	24
6 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์บี	25
7 แสดงย่านางผงที่ได้จากการเติมแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วนต่างๆ โดยคิดจากปริมาณของแป้งเฉลี่ยของสารสกัดจากวิธีการปั่นต่อปริมาณของแป้งเฉลี่ยของแป้งข้าวเหนียว	36
8 แสดงรูปหน่อไม้ที่ได้จากการใส่ผงย่านางในอัตราส่วนต่างๆ โดยใช้เวลาและอุณหภูมิที่เท่ากัน	38

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจัยที่สำคัญปัจจัยแรกที่ช่วยดึงดูดให้ผู้บริโภคอยากซื้อสินค้าก็คือสี ไม่ว่าจะป็นสินค้าอะไรก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากสีจะเป็นปัจจัยแรกที่กระทบประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และเป็นคุณลักษณะที่แสดงคุณภาพของสินค้าต่าง ๆ ฉะนั้นผู้บริโภคจึงมักตัดสินใจซื้อสินค้าด้วยสีของอาหารนั้น โดยอาศัยสีช่วยบอกคุณภาพของกลิ่น สีของอาหารจะเป็นคุณลักษณะที่ช่วยบอกคุณภาพของอาหารทั้งอาหารธรรมชาติและอาหารที่ผ่านการแปรรูปแล้ว สำหรับอาหารธรรมชาติ เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์และปลาชนิดต่าง ๆ สีจะเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งบอกความแก่อ่อน ลักษณะเฉพาะของผัก ผลไม้ หรือเนื้อสัตว์หรือปลาชนิดต่าง ๆ ความเก่าหรือใหม่หรือจำนวนอายุการเก็บของอาหารนั้นหลังการเก็บเกี่ยว ส่วนอาหารที่ผ่านการแปรรูปแล้ว สีที่มีอยู่ตามธรรมชาติมักจะมีการเปลี่ยนแปลง ผู้ผลิตจึงได้พยายามใช้สีผสมอาหารต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นสีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์แต่ง ผลลัพธ์อาหารนั้นให้มีสีใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติ ทั้งนี้เพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค

บทที่ 2

วารสารปริทรรศน์

2.1 ไบยานาง

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Tiliacora triandra*(Colebr.) Diels

วงศ์ : Menispermaceae

ชื่ออังกฤษ : Snack Tree ; Upas Tree

ชื่ออื่น : จอยนาง (เชียงใหม่) เถาวัลย์เขียว (ภาคกลาง) เถาร้อยปลา

ลักษณะทั่วไป

ต้น : เป็นพรรณไม้เถา ที่เกิดจากหัวหรือเหง้าที่อยู่ใต้ดิน แล้วจะแทงยอดขึ้นมา จะเจริญเติบโตขึ้นมาขึ้นมาเป็นเถาที่ต้องการหลักยึด หรือห้างร้าน กิ่งก้านแตกสาขามากมาย มีสีเขียวเลื้อยได้ยาวประมาณ 7-13 เมตร เถาที่อ่อนจะมีขนอ่อนสีเทาๆ ปกคลุมอยู่ แต่เมื่อแก่แล้วผิวจะเกลี้ยง

ใบ : เป็นไม้ใบเดี่ยว ออกเรียงสลับกันไปตามข้อต้น ลักษณะของใบเป็นรูปหอก ปลายจะแหลมเรียวยาว โคนใบมนหรือบางทีก็เว้าเป็นรูปหัวใจ ขอบใบเป็นคลื่นเล็กน้อยมีเนื้อใบเกลี้ยงหนา สีเขียวเป็นมัน ขนาดของใบกว้างประมาณ 1-1.5 นิ้ว ยาว 2-5 นิ้ว

ดอก : ออกเป็นช่ออยู่ตรงส่วนยอดของต้น และตามง่ามใบ ช่อดอกยาวประมาณ 1-2.5 นิ้ว ดอกของยานางนี้มีขนาดเล็กมีอยู่ 3 กลีบรวมกันเป็นรูปโคมเล็กๆ สีเหลือง เกสรกลางดอกมี 6 อัน

ผล : เป็นลูกกลมๆ โคนประมาณ 7 มิลลิเมตร เมื่อแก่จะกลายเป็นสีส้ม

การขยายพันธุ์ : เป็นพรรณไม้กลางแจ้ง ที่ขึ้นอยู่ตามป่าไร่ร้างต่างๆ ไป เจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนซุยผสมอินทรีย์วัตถุ ต้องการความชุ่มชื้นมาก ขยายพันธุ์โดยการใช้หัวหรือเพาะเมล็ด

ส่วนที่ใช้ : ทั้งต้น ใบ และราก

สรรพคุณ

ทั้งต้น : นำมาปรุงเป็นยาแก้ไข้กลับ

ใบ : ใช้เป็นยาถอนพิษ หรือถ้าเรานำมาปรุงผสมกับสมุนไพรชนิดอื่นๆ จะเป็นยาแก้ไข้ แก้ไข้รากลาศ แก้ไข้พิษ แก้ไข้เซื่องซึม แก้ไข้ปวดหัวตัวร้อน แก้ไข้ไอสุกอีใส หัดเหือด แก้ไข้สะบัดร้อน รักษาเส้นเลือดขอด คอแข็ง คางแข็ง เป็นยากวาดคอก แก้ไข้ ผีตาย และแก้ไข้ดำแดง

ราก : แก้เบื่อเมา กระทุ้งพิษไข้ แก้ไข้ แก้เมาสุรา ถอนพิษสำแดง แก้ไม่ผูกไม่ถ่าย และถ้าเอาไปผสมกับสมุนไพรชนิดอื่นๆ จะเป็นยาแก้ไข้รากลาศ แก้ไข้กลับ แก้ไข้ไอสุกอีใส แก้ไข้เหือด หัด แก้ไข้ทรพิษ แก้ไข้สันนิบาต แก้ไข้มาเลเรียเรื้อรัง แก้ไข้ทับระดู แก้เลือดแตก เป็นยาบำรุงหัวใจ บำรุงธาตุ แก้พิษภายในให้ตกสิ้น แก้โรคหัวใจบวม แก้กำเดา แก้ลม แก้ไข้จับสัน

ข้อมูลทางคลินิก

เมื่อให้สารสกัดใบย่านาง ด้วยแอลกอฮอล์ 50 % แก่หนูถีบจักรด้วยการฉีดเข้าไปในผิวหนัง โดยใช้ปริมาณ 10 กรัม/กิโลกรัม ซึ่งเท่ากับ 6,250 เท่าของปริมาณที่ใช้กับคน ก็ไม่พบความเป็นพิษ

ข้อมูลทางเภสัชวิทยา

เมื่อฉีดหรือกรอกสารสกัดใบย่านางด้วยแอลกอฮอล์ 50 % ในขนาดที่เท่ากัน ฤทธิ์ลดไข้ ผ่านทางสายยางเข้าช่องท้องกระต่าย แต่ไม่สามารถลดไข้ได้ ซึ่งเป็นไข้ที่เนื่องมาจากยีสต์ ฤทธิ์ลดความดันโลหิต ฉีดเข้าหลอดเลือดสุนัข ก็ไม่มีผลลดความดันโลหิต และฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ สามารถลดการบีบตัวของลำไส้ซึ่งตัดแยกจากลำตัว ฤทธิ์นี้เนื่องจากฤทธิ์ต้านฮีสตามีน

สารเคมีที่พบ

ภายในรากจะมีสารเคมีพวก Aporphine , Isoquinolines , Alkaloids , Tiliacorinine 2'-N-oxide , Nortiliacorinine A , Tiliacorinine , Tiliacorine

สารสำคัญ

สารสำคัญในรากย่านางเป็นแอลคาลอยด์ประเภท isoquinolone alkaloid ได้แก่ ทิลีเยโครีน (tiliacorine) ทิลีเยโครีนีน (tiliacorinine) และนอร์-ทิลีเยโครีนีน เอ (nor-tiliacorinine A) จากการศึกษพบว่าสารเหล่านี้มีฤทธิ์ต้านเชื้อมาเลเรียในหลอดทดลอง

สรรพคุณและวิธีใช้

1. ราก แก้วไข่ แก้วเนื้อเมา วิธีใช้ใช้รากแห้งครั้งละ 1 กำมือ (15 กรัม) ต้มน้ำดื่ม ก่อนอาหารเช้า กลางวัน เย็น
2. ใบและเถา ใช้ถอนพิษไข้ ถอนพิษสุรา แก้วไข่ ใช้ต้มน้ำดื่ม

ประโยชน์อื่น

ใบย่านางนิยมนำมาปรุงอาหารคาว เช่น แกงลาว ซุปหน่อไม้ แกงอ่อม และต้มเปรอะ

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

ใบย่านางพบทั่วไปในป่าผสมผลัดใบ ป่าดงดิบ และป่าโปร่ง เป็นพืชที่ขึ้นได้ในดินทุกชนิด เติบโตได้ทุกฤดู เป็นพืชที่ปลูกง่าย จะปลูกเป็นหลุมหรือร่องปลูกก็ได้ ทำค้างให้ลำต้นพันต้นไม้หรือหลัก เป็นไม้เถาที่ชอบความชื้นสูง แต่มีความทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี ชอบขึ้นในที่ที่มีแดดรำไร เลื้อยไปตามดินหรือพันต้นไม้หรือพันหลัก ใช้ส่วนของเถาที่มีรากมาปักชำ

แสดงแหล่งของสารอาหารที่มาจากส่วนของใบย่านาง

ใยอาหาร (crude fiber)	7.9 กรัม / 100 กรัม น้ำหนักสด
ธาตุแคลเซียม (Ca)	155 มิลลิกรัม / 100 กรัม น้ำหนักสด
วิตามินเอ (Total vitamin A)	30625 IU / 100 กรัม น้ำหนักสด
วิตามินบี 2 (Riboflavin)	0.36 มิลลิกรัม / 100 กรัม น้ำหนักสด
วิตามินซี (Vitamin C)	142 มิลลิกรัม / 100 กรัม น้ำหนักสด

2.2 แป้งและสมบัติต่าง ๆ ของแป้ง

แป้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพวกธัญพืช เช่น ข้าว พืชประเภทหัวมีแป้งมาก (Tubers) เช่น มันฝรั่ง พวกรากพืช เช่น มันสำปะหลัง หัวท้าวายม่อม และต้นสาคุ ถ้าเป็นธัญพืช กรรมวิธีก็จะเริ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

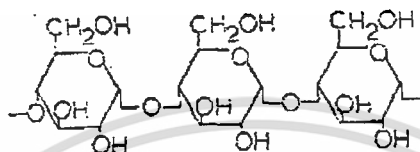
จากการตีเพื่อแยกเอนโดสเปิร์มออกจากรำและจมูกข้าว แล้วนำเอาส่วนเอนโดสเปิร์มที่มีแป้งสคาร์ชประกอบอยู่เป็นส่วนใหญ่ นั้นไปแช่น้ำ โม่หรือบดแล้วทำให้แห้งเป็นผง ถ้าเป็นพืชประเภทหัวก็ไม่ต้องผ่านการตี แป้งต่างชนิดกันจะมีส่วนประกอบต่างกัน จึงทำให้แป้งมีคุณสมบัติทั้งทางด้านคุณค่าทางโภชนาการ ทางด้านเคมี และทางด้านกายภาพต่างกันด้วย โดยทั่วไปแล้วแป้งจะมีคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด รองลงมาคือโปรตีน นอกจากนี้มีไขมัน เซลลูโลส เถ้า วิตามิน สารสี เอนไซม์ ความชื้นหรือน้ำ โดยคาร์โบไฮเดรตในแป้งอยู่ในรูปสคาร์ช จะมีผลต่อการหุงต้มอาหารมากที่สุด (ศิริลักษณ์, 2519) เนื่องจากแป้งเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (Hydrocolloid) ซึ่งเหมาะที่จะใช้ในอาหารหลายชนิดและอุตสาหกรรมนานาประเภท เนื่องจากแป้งสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติไปได้เมื่อได้รับความร้อน รวมทั้งมีราคาถูก จึงมีการใช้แป้งกันอย่างแพร่หลาย เราจึงควรทราบถึงโครงสร้างและคุณสมบัติของแป้ง

แป้งเป็นโพลีเมอร์คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate Polymer) ตั้งคราะห์ขึ้นในพืช โดยการเชื่อมต่อด้วยพันธะเคมีของกลูโคสหลายร้อยหลายพันหน่วยจนเป็นสายยาวๆ เมื่อเติมกรดหรือเอนไซม์สามารถทำให้สายแป้งนั้นหลุดจากหน่วยกลูโคสได้ พืชมีกลไกในการผลิตแป้ง 2 แบบ อาจสร้างเป็นสายตรงยาวจากกลูโคสหลายๆ ร้อยหน่วยได้เป็นอะไมโลส (Amylose) หรือเกิดจากกลูโคสสายตรงสั้นๆ หลายสิบหน่วยเชื่อมต่อบนเป็นสาขาเกิดโพลีเมอร์ลักษณะแบบต้นไม้ ประกอบด้วย กลูโคสหลายพันหน่วย สำหรับลักษณะทางกายภาพของแป้ง เป็นเม็ดเล็กๆ สีขาว อาจมาจากเมล็ด แคนลำต้น หรือรากของพืช ในรูปแป้งแห้งจะไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างแป้งชนิดต่างๆ ที่ refine แล้วได้ แต่ถ้าใช้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นได้ว่า แป้งประกอบด้วยเซลล์เล็กๆ หรือเม็ดแป้งเล็กๆ ซึ่งขนาดและรูปร่างจะต่างไปตามพันธุ์พืช เม็ดแป้งข้าวจะมีลักษณะกลม ขนาดเล็กมาก ในแต่ละเม็ดแป้งประกอบด้วยโครงสร้างที่ซับซ้อนมาก สร้างขึ้นโดยชั้นของแป้งที่อัดแน่นและมีระเบียบ มีลักษณะเหมือนชั้น หั่วหอม โมเลกุลของแป้งจะจัดเรียงตัวเป็นผลึก เม็ดแป้งจะปรากฏเป็นรูปร่างเหมือนผลึกกลม

โครงสร้างทางเคมีของแป้งประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคติน หน่วยพื้นฐานเป็น D-Glucose การรวมตัวของกลูโคสเป็นโพลีเมอร์จะมีการสูญเสียน้ำ ดังนั้นหน่วยกลูโคสในโพลีเมอร์ที่แท้จริงแล้วคือหน่วย Anhydrous Glucose ส่วนประกอบทั้งสองชนิดของแป้งนั้น จะเรียงตัวในแนวรัศมีภายในเม็ดแป้ง โดยโมเลกุลจะขนานกัน สายโมเลกุลทั้งแบบตรงและมีสาขาจะจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนเป็นผลึกเล็กๆ (Crystalline micelles) ซึ่งจับเม็ดแป้งไว้ด้วยกัน การจัดตัวเกิดขึ้นระหว่างหมู่

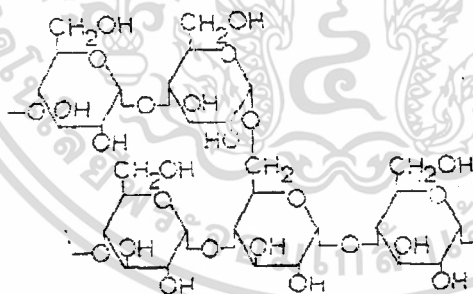
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฮดรอกซิลบนอะตอมของคาร์บอนตัวที่ 2 (c-2) จากกลูโคสหน่วยหนึ่ง และอะตอมของออกซิเจนซึ่ง
 ต่ออยู่กับคาร์บอนตัวที่ 1 (c-1) เชื่อมกับกลูโคสหน่วยอื่น



ภาพที่ 1 โครงสร้างของอะไมโลส

ที่มา : Fennema (1985)



อะไมโลเพกติน

ภาพที่ 2 โครงสร้างของอะไมโลเพกติน

ที่มา : Fennema (1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะไมโลสเป็นโมเลกุลสายยาวและตรง โครงสร้างแสดงดังภาพที่ 1 ประกอบด้วยกลูโคส 250-2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,4 น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 40,000-340,000 สารละลายแป้งจะมีโครงสร้างแบบเกลียวเชือกแบบสุ่ม เมื่อแป้งถูกละลายในตัวทำละลายที่แรง โครงสร้างของแป้งคลายตัวยืดอกออก ถ้ามีสารประกอบพวกไอโอดีน แป้งที่เป็นสายตรงจะไปพันเกลียวรอบสารประกอบ ส่วนอะไมโลเพคตินมีสาขาคลายลักษณะต้นไม้ โครงสร้างแสดงดังภาพที่ 2 ประกอบด้วยสายตรงที่คล้ายกับอะไมโลสมาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α -1,6 จุดที่เกิดสาขายู่ในช่วง 20-30 หน่วย กลูโคส นอกจากนี้ยังพบว่า มีการต่อสาขาที่อะตอมของคาร์บอนตัวที่ 2 และ 3 บ้างเล็กน้อย อะไมโลเพคติน 1 โมเลกุล มีสาขายู่หลายร้อยสาขา มีน้ำหนักโมเลกุลเป็นล้านหน่วย รูปร่างเป็นก้อนกลมซึ่งทำให้เพิ่มการแผ่ขยายตัว และเพิ่มความหนืดในสารละลาย (ปิ่นทิพย์, 2530)

สรุปความแตกต่างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน มีดังนี้

- | อะไมโลส | อะไมโลเพคติน |
|---|----------------------------------|
| 1. ละลายน้ำได้ดีกว่า | 1. ละลายน้ำได้น้อยกว่า |
| 2. เมื่อต้มในน้ำ หนืดขึ้นน้อยกว่า แต่ขุ่นกว่า | 2. หนืดขึ้นมากกว่าและใส |
| 3. ให้สีน้ำเงินแก่กับ ไอโอดีน | 3. ให้สีแดงม่วงหรือสีน้ำตาล |
| 4. ประกอบด้วยโมเลกุลต่อกันเป็นเส้นตรง | 4. โมเลกุลต่อกันคล้ายกิ่งไม้ |
| 5. ประกอบด้วยกลูโคส 250-2,000 หน่วย | 5. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย |
| 6. ต้มแล้วทิ้งไว้ จับเป็นวุ้นได้ | 6. ไม่จับตัวเป็นวุ้น |

นอกจากนี้ในพืชต่างชนิดกันจะมีสัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินต่างกันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 1

อัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินจะมีผลต่อ การพองตัวของเม็ดแป้ง ความหนืด และความใสของ Paste ที่ได้หลังจากเย็นลง และ Retrogradation ของ Paste เมื่อทิ้งไว้ให้เย็น แป้งที่มีอะไมโลสสูงจะมีอุณหภูมิในการพองตัวสูงกว่าปกติ อะไมโลสเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ดี เมื่อทิ้งไว้ให้เย็นอะไมโลสเกิด Retrogradation ได้ ส่วนแป้งที่มีอะไมโลเพคตินจะไม่เกิด Retrogradation

ตารางที่ 1 สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคตินของธัญพืชต่างๆ

ธัญพืช	อะไมโลส/อะไมโลเพคติน
ข้าวโพดธรรมดา	26/74
ข้าวโพดเหนียว	1/99
ข้าวเจ้า	17/83
ข้าวเหนียว	1/99
ข้าวฟ่าง	26/74
ข้าวสาลี	25/75

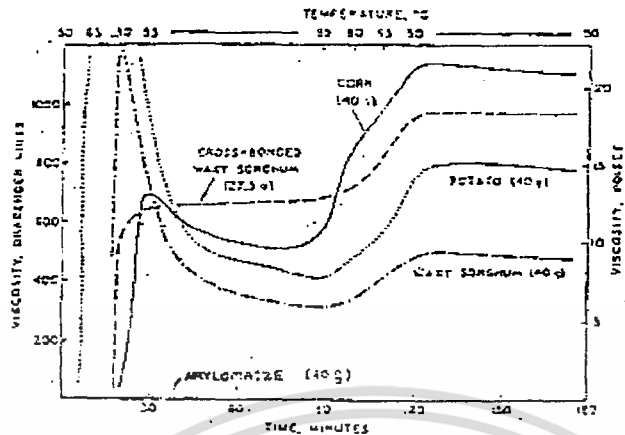
ที่มา: นีรนาม (2521)

การสุกของเม็ดแป้งเป็นกระบวนการที่แสดงถึงการพองตัว (Swelling) และการดูดซึมน้ำ (Hydration) ของเม็ดแป้งในขณะที่ได้รับความร้อน การพองตัวของเม็ดแป้งจะเริ่มเกิดเมื่อปริมาณความร้อนที่ให้แก่สารละลายแป้งพลังงานพอเพียงที่จะทำให้เกิดการแตกของพันธะไฮโดรเจนในเม็ดแป้ง ทำให้น้ำสามารถเข้าไประหว่างโมเลกุลของเม็ดแป้ง ทำให้เม็ดแป้งมีขนาดใหญ่ขึ้น ช่วงอุณหภูมิที่แป้งมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็ว และพองตัวขึ้นมากเรียกว่า Gelatinization Temperature โดยแป้งแต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิแป้งสุกแตกต่างกันไป ดังตารางที่ 4 และสำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวของเม็ดแป้งมีดังนี้

- การจัดเรียงตัวของโมเลกุลในเม็ดแป้ง
- สัดส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพคติน
- การกระจายของน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน
- องค์ประกอบที่ไม่ใช่แป้งภายในเม็ดแป้ง โดยเฉพาะไขมันและโปรตีน

ความหนืดของสารละลายแป้ง (Viscosity and Consistency) เป็นคุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของเม็ดแป้ง สามารถติดตามได้ด้วยเครื่อง Brabender Visco-Amyograph ด้วยการวัดความหนืดของของผสมแป้งและน้ำที่กวนและให้ความร้อนในอัตราคงที่ ทั้งไว้ที่อุณหภูมิและเวลาที่ต้องการได้แล้วทำให้เย็นในอัตราที่คงที่ โดยแป้งแต่ละชนิดจะให้เส้นกราฟที่มีลักษณะเฉพาะตัวตามคุณสมบัติของมัน แสดงดังภาพที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความหนืดของแป้ง (Paste) แป้งชนิดต่างๆ โดยความเข้มข้นของน้ำแป้งที่ใช้เป็นกรัมของน้ำหนักแป้งแห้งต่อน้ำแป้ง 500 มิลลิลิตร

- แบบ a เป็นลักษณะกราฟที่ได้จากเมล็ดแป้งที่มีการรวมตัวสูง เช่น แป้งมันฝรั่ง แป้ง Waxy Sorghum
- แบบ b เป็นลักษณะกราฟของแป้งที่มีการพองตัวปานกลาง เช่น แป้งข้าวโพด และแป้งธัญพืชอื่นๆ
- แบบ c เป็นลักษณะกราฟของแป้งที่มีการพองตัวน้อย เช่น แป้งถั่วต่างๆ แป้ง Cross-bonded Waxy Sorghum
- แบบ d เป็นลักษณะกราฟของแป้งที่มีการพองตัวน้อยมาก ได้แก่ แป้งที่มีอะไมโลสสูงๆ เช่น Amylomaize

2.3 สตาร์ช (starch) และสมบัติของสตาร์ช

สตาร์ชเป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทโพลีแซคคาไรด์ที่สำคัญซึ่งเก็บสะสมไว้ของพืช พบกันมากในธรรมชาติ สตาร์ชต่างชนิดกันมีความแตกต่างกันเล็กน้อยในด้านสมบัติทางกายภาพและเคมี สตาร์ชเกิดจากเมล็ดแป้งที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้เพียงเล็กน้อยกลายเป็นแอลฟาไกลูแคน โพลีเมอร์ (Alfa-glucan polymer) สายตรงที่เรียกว่า อะไมโลส (Amylose) และแอลฟาไกลูแคน โพลีเมอร์แบบสาขา ที่เรียกกันว่า อะไมโลเพคติน (Amylopectin) สตาร์ชเตรียมได้ง่ายๆ จากเมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวโพด, ถั่วเหลือง, ข้าวสาลี และข้าวเจ้า จากพวกรากและพืชหัว เช่น มันฝรั่ง, มันสำปะหลัง,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้าวยายม่อม และจากแกนของต้นปาล์ม พืชที่สะสมสตาร์ช และเมล็ดธัญพืชเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญของมนุษย์ ในสมัยโบราณจะใช้ข้าวสาลีทำสตาร์ช ในอเมริกาใช้ข้าวโพด ในยุโรปใช้มันฝรั่ง และในตะวันออกใช้ธัญพืชพวกข้าว สตาร์ชส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสตาร์ชดัดแปลง และอนุพันธ์ของสตาร์ชมีการใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งทอ

สมบัติทางกายภาพ

สตาร์ชจากธัญพืชจะมีลักษณะเป็นเม็ด (Granule) มีเส้นผ่าศูนย์กลางถึงประมาณ 3-30 ไมโครเมตร สตาร์ชจากปาล์มมีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 50 ไมโครเมตร และสตาร์ชจากรากและพืชหัวมีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 100 ไมโครเมตร

เม็ดสตาร์ชที่ไม่ละลายในน้ำจะพอง เกิดเป็นเจล และสูญเสียสมบัติไบรฟ์ริงเจนส์ (birefringence) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงจนถึงช่วงอุณหภูมิที่สามารถทำให้เม็ดแป้งเกิดเจลได้ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของแป้ง เช่น ข้าวโพด 62-72 °C, ข้าวโพดที่มีอะไมโลสสูง 100°C, มันฝรั่ง 59-68 °C, ข้าวสาลี 58-64 °C, ข้าวเจ้า 68-78 °C และข้าวฟ่าง 68-78 °C

เมื่อเม็ดสตาร์ชแขวนลอยในน้ำ และให้ความร้อนจนถึง 95 °C จะมีผลต่อความหนืด ความหนืดจะลดลงและจะคงที่จนกระทั่งถึงอุณหภูมิการเกิดเจลของแป้งแต่ละชนิด และความหนืดจะเพิ่มขึ้นตลอดในช่วงของอุณหภูมิการเกิดเจล ในขณะที่เม็ดสตาร์ชที่พองตัวและละลายในน้ำจะทำให้โมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินเคลื่อนตัวไปอยู่ในสารละลาย ส่งผลให้ความหนืดลดลงจนถึงระดับที่คงที่ เมื่อถูกทำให้เย็นลงจนถึงระดับอุณหภูมิต่ำ ความหนืดของเพสต์ (Paste) ที่ได้จะเพิ่มขึ้น

ตัวอย่างสมบัติของเพสต์เมื่อได้รับความร้อนมีดังนี้

1. เพสต์ของสตาร์ชจากเมล็ดธัญพืชจะหนืด และเป็นเจลทึบแสงเมื่อเย็นตัวลง
2. เพสต์ของสตาร์ชจากมันฝรั่งและมันสำปะหลังจะหนืดมาก มีลักษณะใสและเป็นเจลเล็กน้อยเมื่อเย็นตัวลง
3. สตาร์ชของแป้งข้าวเหนียว (Waxy Starch) สตาร์ชที่ปรับปรุงจนมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูง จะได้เพสต์ใสและเกิดเจลายากกว่า
4. สตาร์ชจากถั่วและแป้งที่อะไมโลสสูง จะเกิดเพสต์อย่างสมบูรณ์เมื่อเดือด และเกิดลักษณะเจลเล็กน้อยในระหว่างการทำให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

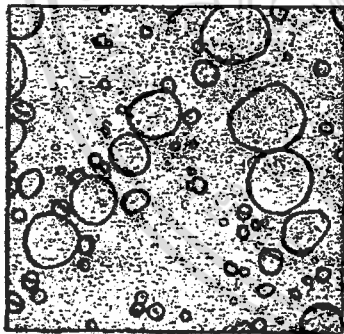
สรุปคุณสมบัติของสตาร์ชขึ้นกับปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินที่เป็นองค์ประกอบ ลักษณะการเป็นคอลลอยด์ที่สำคัญของการกระจายตัวของสตาร์ชหรือเพสต์คือ ความใส สี ความหนืด ความแข็งแรงของเจล องศาของการเกิดรีโทรเกรเดชัน (Degree of Retrogradation) ความแข็งแรงในการยึดเหนี่ยว (Adhesive Strength)

สตาร์ชจากแป้งข้าวเจ้า (Rice Starch)

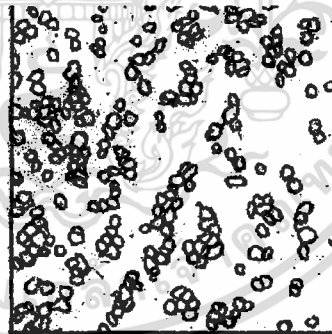
ขนาดของเม็ดสตาร์ช (Granule) จากข้าวจะมีขนาดเล็กที่สุดเมื่อเทียบกับสตาร์ชจากแป้งชนิดอื่นๆ มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 3-5 ไมโครเมตร ลักษณะใกล้เคียงกับข้าวโอ๊ตแต่มีขนาดเล็กกว่า คือมีรูปทรงหลายเหลี่ยม ในสภาวะปกติจะสังเกตเห็น Centric Hilum ได้ยาก แต่ละเม็ดจะประกอบด้วย 2-3 แกรนูล เม็ดข้าวมีสตาร์ชอยู่มาก แต่ละแกรนูลถูกเคลือบติดแน่นด้วยชั้นของกลูเตน ซึ่งจะต้องถูกทำให้อ่อนตัวก่อนถูกแยกออกไป

สตาร์ชจากข้าวสาลี (Wheat Starch)

มีลักษณะแตกต่างไปคือ มีรูปร่างกลม บาง หนูนอกสองข้างคล้ายเลนส์



Wheat Starch



Rice Starch

Wheat Starch

Rice Starch

ภาพที่ 4 ลักษณะเม็ดสตาร์ชข้าวสาลีและข้าวเจ้า

ที่มา : Whistler (1965)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

คุณสมบัติ	อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
น้ำหนักโมเลกุล	50,000-200,000	1 ถึงหลายล้าน
พันธะไกลโคซิดิก (Glycosidic linkage)	ส่วนมาก α -D-(1 \rightarrow 4)	α -D-(1 \rightarrow 4) α -D-(1 \rightarrow 6)
การเกิดรีโทรกราเดชัน	สูง	ต่ำ
ผลจากปฏิกิริยาของ :		
α -amylase	Maltose	Maltose, β -limit dextrin
giucoamylase	D-Glucoses	D-Glucoses
รูปร่างของ โมเลกุล	เส้นตรง	กึ่งก้าน

ที่มา : Fennema (1985)

ในเมล็ดสตาร์ชจะพบว่ามี การเรียงตัวของ โมเลกุลสตาร์ชเป็นชั้นๆ แบบวงแหวนหรือเป็น ลักษณะวงแหวนซ้อนกันหลายๆ ชั้น เมื่อผ่านแสงโพลาไรซ์ (Polarized light) จะเห็นเป็นเงากากบาท ที่เรียกว่า ไบรฟ์ริงเจเนส (Birefringence) แบ่งที่จำหน่ยในทางการค้าก็คือ เม็ดสตาร์ชที่มีความชื้น เหลืออยู่เล็กน้อย (วรรณมา , 2534) เม็ดสตาร์ชที่แห้งจะหดตัวเนื่องจาก โมเลกุลของสตาร์ชอัดตัวกัน แน่น เม็ดสตาร์ชปกติที่ไม่ถูกทำลายจะไม่ละลายในน้ำเย็นแต่จะสามารถดูดซับน้ำแล้วพองตัวอย่างช้าๆ แบบแปรกลับได้ โดยสถานะดูดซับน้ำและการพองตัวจะมีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับชนิดของพืช

เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โมเลกุลของสตาร์ชจะเกิดการสั่นสะเทือนอย่างรวดเร็ว เกิดการทำลาย พันธะภายในโมเลกุล โดยโมเลกุลข้างที่มีพันธะไฮโดรเจนจะจับกับ โมเลกุลน้ำมากขึ้นเกิดการแทรก ซึมของน้ำในเมล็ดสตาร์ช เมื่อให้ความร้อนต่อไปเม็ดแป้งจะพองตัวมากขึ้น ลักษณะไบรฟ์ริงเจเนสจะ หายไป เรียกจุดที่ไบรฟ์ริงเจเนสหายไปนี้ว่า จุดการเกิดเจลาติไนส์ (Gelatinization point) อุณหภูมิที่ เกิดเจลาติไนส์ (Gelatinization Temperature) อุณหภูมิแป้งสุก หรือการเกิดเป็นเพสต์ (paste) แป้งที่ ได้จะเปลี่ยนจากลักษณะขุ่นเป็นใส โดยที่เม็ดสตาร์ชจากพืชต่างชนิดกันจะมีจุดนี้ที่อุณหภูมิต่างกัน ดัง ตารางที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเกิดเจลลาติโนเซชันในเมล็ดสตาร์ชนอกจากจะขึ้นกับชนิดของเมล็ดสตาร์ชแล้วยังมีส่วนประกอบอื่นๆ ที่มักพบในอาหาร ซึ่งมีผลต่อการเกิดเจลลาติโนเซชันได้ด้วย เช่น น้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงจะลดอัตราการเกิดเจลลาติโนเซชัน ความหนืดสูงสุด และความแข็งแรงของเจล (ดังรูปที่ 3) และพบว่าน้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharide) จะมีผลชะลอการเกิดเจลลาติโนเซชันและทำให้ความหนืดสูงสุดลดลง โดยมีผลมากกว่าน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) ไขมันสามารถเกิดเป็นสารเชิงซ้อนกับอะไมโลส ซึ่งชะลอการพองตัวของเมล็ดสตาร์ช โดยไขมัน เช่น ไตรเอซิลกลีเซอรอล (triacylglycerols) (ไขมันและน้ำมัน) และสารที่มีไขมัน เช่น อิมัลซิไฟเออร์ มีผลต่อการเกิดเจลลาติโนเซชันของเมล็ดสตาร์ช และมีผลต่อการเกิดความหนืดสูงสุดโดยกรดไขมันหรือส่วนประกอบของกรดไขมันของโมโนเอซิลกลีเซอรอล (monoacylglycerols) สามารถเกิดเป็นสารเชิงซ้อนกับอะไมโลสซึ่งเป็นเกลียววนและอาจจะเกิดเป็นสารเชิงซ้อนกับอะไมโลเพคตินได้

ในน้ำแข็งจะพบว่า มีอะไมโลสหลุดออกมาจากเมล็ดสตาร์ชแขวนลอยอยู่ ถ้าน้ำแข็งยังร้อน อะไมโลสก็จะอยู่ในสภาพแขวนลอย แต่เมื่ออุณหภูมิเริ่มลดลง โมเลกุลของอะไมโลสจะจับกันเกิดเป็นลักษณะโครงร่างตาข่ายและทำให้โมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ในเมล็ดสตาร์ชหลุดออกมาเพิ่มขึ้น ซึ่งปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า รีโทรกราเดชัน (Retrogradation)

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของเมล็ดสตาร์ช

แหล่งที่มา	เส้นผ่าศูนย์กลาง (ไมโครเมตร)		อุณหภูมิเกิดเจลลาติโนส (°C)
	ช่วงระยะ	ค่าเฉลี่ย	
ข้าวโพด	21-96	15	61-72
มันฝรั่งขาว (White potato)	15-100	13	62-68
มันฝรั่งหวาน (Sweet potato)	15-55	25-50	82-83
มันสำปะหลัง	6-36	20	59-70
ข้าวสาลี	2-38	20-22	53-64
ข้าว	3-9	5	65-73

ที่มา : Fennema (1985)

อุณหภูมิเจลาติไนเซชัน (Gelatinization Temperature)

อุณหภูมิเจลาติไนเซชัน หมายถึง อุณหภูมิซึ่งเมล็ดแป้ง (Starch Granule) เริ่มพองในน้ำร้อน ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวมีอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน 55-79 °C ค่าของอุณหภูมิเจลาติไนเซชันสามารถแบ่งได้เป็นช่วงต่ำคือ 69.5 °C หรือต่ำกว่า ช่วงปานกลาง 70-74 °C และสูงคือมากกว่า 74 °C (Juliano, 1979) สามารถวัดได้จากระดับการแตกตัวของเมล็ดข้าว 6 เมล็ดใน 1.7% KOH 10 มิลลิลิตร นาน 23 ชั่วโมงที่ 30 °C โดยให้คะแนนเป็น 1-7 ข้าวที่มีค่าอุณหภูมิเจลาติไนเซชันสูงจะใช้เวลาหุงต้มนานกว่าที่มีเมล็ดยาว และข้าวที่มีอุณหภูมิเจลาติไนเซชันปานกลาง (Halick และ Kelly, 1959) ข้าวเหนียวและข้าวที่มีอะไมโลสต่ำจะมีค่าอุณหภูมิเจลาติไนเซชันสูง (Juliano, 1985) ข้าวไทยส่วนใหญ่จะมีค่าอุณหภูมิเจลาติไนเซชันต่ำถึงปานกลาง ยกเว้นข้าวเหนียวพันธุ์ กข 4 ซึ่งมีอุณหภูมิแป้งสูงมาก ทำให้ไม่สามารถหุงหรือนึ่งให้สุกได้ด้วยวิธีการปกติ (วิโรจน์และอัมมาร, 2533) จากค่าการสลายตัวในต่างแสงแสดงให้เห็นว่า ข้าวที่ไม่มีกลิ่นหอมมีอุณหภูมิเจลาติไนเซชันปานกลาง ข้าวหอมและข้าวเหนียวมีอุณหภูมิเจลาติไนเซชันต่ำ (Juliano, 1990)

สัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้ง

แป้งในเมล็ดข้าวประกอบด้วยอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ถ้าข้าวพันธุ์ใดมีอะไมโลสสูง ก็จะมีอะไมโลเพคตินต่ำ ข้าวที่มีอะไมโลสสูงจะดูดน้ำและขยายปริมาตรระหว่างการหุงต้มได้มากกว่าอะไมโลสต่ำ และทำให้ข้าวสุกมีลักษณะที่บวมใส ไม่เลื่อมมัน ข้าวสุกจะแข็งและร่วนเป็นตัว ข้าวจะหุงขึ้นหม้อ ส่วนข้าวเหนียวซึ่งแป้งมักเป็นอะไมโลเพคตินทั้งหมดจะดูดน้ำและขยายตัวได้น้อยกว่าข้าวเจ้า ข้าวสุกที่ได้จะเหนียวเกาะกันและนุ่มกว่า (Juliano และคณะ, 1964) ปริมาณอะไมโลสเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดในการตรวจคุณภาพเมล็ด ข้าวเจ้าจะมีปริมาณของอะไมโลสในสัดส่วนต่างๆ กัน ข้าวเจ้าในประเทศไทยมีส่วนประกอบของแป้งที่มีอะไมโลสอยู่ระหว่างร้อยละ 12-31 โดยข้าวที่มีความอ่อนนุ่มเช่น ข้าวหอมมะลิ มักมีอะไมโลสประมาณร้อยละ 12-18 ในอดีตข้าวพันธุ์ IR 8 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสุดของ IRRI มีสัดส่วนของอะไมโลสในแป้งสูงถึงร้อยละ 35 เมื่อหุงเสร็จเมล็ดข้าวจึงแข็งมาก (วิโรจน์และอัมมาร, 2533)

สตาร์ชต่างๆ จะมีปริมาณอะไมโลสต่างกันคือ ข้าวเหนียวมี 1-2% , ต่ำมากที่สุด 2-10% , ต่ำ 10-20% , ปานกลาง 20-25% และสูง 25-33% (Marceaec และคณะ, 1960) นอกจากนี้สามารถแบ่งปริมาณอะไมโลสเป็นอะไมโลสในข้าวเหนียว 1-2% , ต่ำ 7-20% , ปานกลาง 20-25% และสูง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่า 25% (Juliano ,1979) ข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลส 0.8-1.3% ส่วนข้าวเจ้ามีอะไมโลส 7-33% ถึง 8-37% ข้าวเหนียวให้สีแดง หรือน้ำตาลกับไอโอดีน ขณะที่ข้าวเจ้าให้สีม่วงน้ำเงินถึงน้ำเงิน โดยเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของ blue-amylose-iodine

ข้าวชนิดต่างๆ ที่มีสัดส่วนของปริมาณอะไมโลสและปริมาณอะไมโลเพคตินต่างๆ กัน นำมาใช้ในการทำผลิตภัณฑ์จากข้าวชนิดต่างๆ ข้าวเหนียวเป็นอาหารหลักของประเทศลาว ภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Kongseree , 1979) มักใช้ข้าวเหนียวมาทำขนมหวาน อาหารว่าง และสลัดในสหรัฐอเมริกา นำข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ(12-20%) นำมาทำอาหารเช้า , breakfast cereal และขนมปัง ข้าวในญี่ปุ่น เกาหลี กลุ่ม ECC และจีนตอนเหนือเป็นข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ข้าวที่มี อะไมโลสปานกลาง(20-25%) มักนำมาทำ fermented rice cake ในฟิลิปปินส์ และซูปกระป๋องในสหรัฐอเมริกา ข้าวเมล็ดสั้นและปานกลางมีอะไมโลสต่ำ และข้าวเมล็ดยาวมีอะไมโลสปานกลาง ข้าวอะไมโลสสูง (> 25%) นิยมนำมาใช้ทำ extruded rice noodles (Juliano , 1979)

โปรตีน

ข้าวเหนียวจะมีโปรตีนสูงกว่าข้าวเจ้า แต่โปรตีนในข้าวเหนียวเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ ข้าวเจ้าที่มีปริมาณโปรตีนสูง ได้แก่ ข้าวพันธุ์นางพญา นางมต หอมกระดุกช้าง หอมแดงน้อย ข้าวราวขาว ส่วนข้าวเหนียวได้แก่ ข้าวเหนียวดำ ข้าวเหนียวสันป่าตองและกข 2 (วิโรจน์และอัมมาร , 2533) ข้าวที่ให้โปรตีนสูง เมล็ดข้าวสารจะมีสีคล้ำ และเมื่อนำมาหุงต้มจะได้ข้าวที่ค่อนข้างแข็ง (Onate และคณะ , 1964) ปริมาณโปรตีนของข้าวไทยส่งออกประมาณ 7.45% (Unnevehr และคณะ , 1964)

2.4 แป้งข้าวเหนียว (Glutinous Rice Flour , Waxy Rice , Sweet Rice Flour)

การใช้และบริโภคแป้งข้าวเหนียวในประเทศไทยมีการใช้ค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับแป้งชนิดอื่น จึงมีการผลิตในระบบอุตสาหกรรมควบคู่ไปกับแป้งข้าวเจ้า โดยมีกระบวนการผลิตเช่นเดียวกันคือ

1. การแช่ข้าว โดยใช้ปลายข้าวที่มีขนาดเล็ก เช่น ข้าวหัก ปลายข้าวแช่กับน้ำค้าง 24 ชั่วโมง อาจใช้โซดาไฟ หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ก็ได้

2. บดให้ละเอียด นำข้าวที่แช่ไว้แล้วมาล้างให้สะอาด บดด้วยโม่หิน (Hammer Mill) อาจใช้สารฟอกสี เช่น โซเดียมไฮโปคลอไรด์ หรือซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงไปด้วย เพื่อให้แป้งขาวขึ้น

แป้งข้าวเหนียวที่ผลิตได้เป็นแป้งที่บดจากข้าวเหนียวทั้งเมล็ด การที่จะแยกเอาออกมาแต่แป้งจากเอนโดสเปิร์มจริงๆ นั้นทำได้ยาก เพราะแป้งจะเกาะติดอยู่กับโปรตีนซึ่งเรียกว่า กลูเตลิน (Glutelin) ซึ่งมีโครงสร้างที่แข็งแรงแต่กระจายไม่เกาะกัน รวมทั้งขนาดของเม็ดแป้งก็เล็กมาก การแยกจะต้องใช้ด่างละลายโปรตีนออกก่อน แล้วจึงนำข้าวที่ได้มาบดต่อไป อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของแป้งที่ผลิตได้ทั้งสองวิธี ก็ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ดังนั้นการใช้แป้งข้าวเหนียวโดยทั่วไป จะใช้ในรูปแบบข้าวบดมากกว่าแป้งสกัด เพราะอย่างแรกต้นทุนต่ำกว่ามาก

มีการศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติแป้งสาลีเปรียบเทียบกับแป้งข้าวเหนียวผสมกับแป้งสาลี 40-60% ในการทำซอสเกรวี่ โดยเก็บที่อุณหภูมิ 0 °C ได้นาน 5-6 เดือน แต่เมื่อใช้แป้งข้าวเหนียวอย่างเดียวจะเก็บได้นาน 1 ปี นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อนำมาใช้กับ Frozen Pudding ประกอบใน Frozen Cake ก็จะให้ผลที่น่าพอใจ (Hanson, 1957) จากปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคตินดังแสดงในตารางที่ 1 และองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเหนียวดังตารางที่ 4 มีผลทำให้แป้งข้าวเหนียวมีคุณสมบัติ คุคน้ำและนุ่มกว่าแป้งข้าวเจ้า เนื่องจากแป้งข้าวเหนียวมีปริมาณอะไมโลเพคตินสูงกว่าแป้งข้าวเจ้า มีการพองตัวรวดเร็วกว่า เนื่องจากมีอุณหภูมิการเกิดเจล (Gelatinization Temperature) ต่ำกว่าแป้งข้าวเจ้าดังแสดงในตารางที่ 5 และมีโปรตีนชนิดเดียวกับแป้งข้าวเจ้า คือ กลูเตลิน (Glutelin) แต่ไม่มีกลูเตนิน (Glutenin) ซึ่งเป็นโปรตีนสำคัญมีเฉพาะในแป้งสาลีเท่านั้น

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งสาลีและแป้งที่ผลิตภายในประเทศบางชนิด

องค์ประกอบ(%)	ชนิดของแป้ง				
	แป้งสาลี	แป้งข้าวเจ้า	แป้งข้าวเหนียว	แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน	แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน
ไขมัน	1.7	0.3	0.3	0.3	0.3
เถ้า	1.8	0.3	0.3	0.3	0.3
โปรตีน	12.5	6.5-7.0	6.5-7.0	0.5	0.5
คาร์โบไฮเดรต	71.0	80.0	80.0	58.0	85.0
ความชื้น	13.0	12-13	12-13	12-13	12-13

ที่มา: บริษัท ซอเฮงลิ่ง จำกัด และ Amos และคณะ, 1967

ตารางที่ 5 อุณหภูมิการเกิดเจลของแป้งภายในประเทศบางชนิด

ผลการวิเคราะห์	ชนิดของแป้ง			
	แป้งข้าวเจ้า	แป้งข้าวเหนียว	แป้งข้าวเจ้าสกัดโปรตีน	แป้งข้าวเหนียวสกัดโปรตีน
อุณหภูมิการเกิดเจลสมบูรณ์ (°C)	93	70	87	71
ความหนืดเมื่อเกิดเจลสมบูรณ์ (BU)	280	500	270	500
ความหนืดเมื่อทิ้งไว้ให้เย็น (BU)	500	400	530	

ที่มา: บริษัท ซอเฮงลิ่ง จำกัด

สำหรับข้อดีของแป้งข้าวเหนียวคือ ความแตกต่างจากแป้งชนิดอื่นๆ ตรงที่ไม่เกิดการแยกตัวของน้ำออกจากแป้งสุก (Syneresis) ระหว่างการแช่แข็งแล้วหลอมละลายน้ำแข็ง ซึ่งคุณสมบัตินี้ปรากฏทั้งในสตาร์ชและแป้ง (Flour) แต่ต้องใช้ปริมาณแป้งเป็น 2 เท่าของสตาร์ช ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการยับยั้งการพองตัวของโปรตีนในแป้งที่ทำให้เพสต์ที่ได้มีความหนืดต่ำลง

2.5 สีสผสมอาหาร

ปัจจัยที่สำคัญปัจจัยแรกที่ช่วยดึงดูดให้ผู้บริโภครีบซื้อสินค้าก็คือสี ไม่ว่าจะเป็ยสินค้าอะไรก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากสีจะเป็นปัจจัยแรกที่กระทบประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และเป็นคุณลักษณะที่แสดงคุณภาพของสินค้าต่าง ๆ ให้ปรากฏแก่ผู้บริโภค อาหารก็เช่นเดียวกัน ผู้บริโภคทุกคนจะมีความรู้สึกรีบซื้อหรือรีบประทาน เมื่อเห็นอาหารที่มีสีสดใหม่ (ลักษณะสีที่ควรจะเป็นของอาหารนั้น) เนื่องจากประสาทสัมผัสแรกที่ผู้บริโภคสัมผัสกับอาหารคือประสาทตา และคั้งที่กล่าวแล้วว่าสีจะเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งบอกคุณภาพ ฉะนั้นผู้บริโภคจึงมักตัดสินใจซื้อสินค้าด้วยสีของอาหารนั้นโดยอาศัยสีช่วยบอกคุณภาพของกลิ่น รสและลักษณะเนื้อสัมผัส เนื่องจากการสัมผัสกับกลิ่นรสของอาหารหรือลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารนั้น มักจะทำไม่ได้ก่อนการซื้อขาย สีของอาหารจะเป็นคุณลักษณะที่ช่วยบอกคุณภาพของอาหาร ทั้งอาหารธรรมชาติและอาหารที่ผ่านการแปรรูปแล้ว สำหรับอาหารธรรมชาติ เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์และปลาชนิดต่าง ๆ สีจะเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งบอกความแก่อ่อน ลักษณะเฉพาะของผัก ผลไม้หรือเนื้อสัตว์หรือปลาชนิดต่าง ๆ ความเก่าหรือใหม่หรือจำนวนอายุการเก็บของอาหารนั้นหลังการเก็บเกี่ยว เช่นบอกลักษณะที่ว่าอาหารนั้นเพิ่งเก็บเกี่ยวมา หรือลักษณะที่ว่าอาหารนั้นใกล้จะเสียแล้ว เป็นต้น ส่วนอาหารที่ผ่านการแปรรูปแล้ว สีที่มีอยู่ตามธรรมชาติมักจะมีการเปลี่ยนแปลง ผู้ผลิตจึงได้พยายามใช้สีผสมอาหารต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นสีธรรมชาติหรือสีสังเคราะห์แต่งผลิตภัณฑ์อาหารนั้นให้มีสีใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติ ทั้งนี้เพื่อดีงคุดใจผู้บริโภค

วัตถุประสงค์ของการใช้สีผสมอาหารจึงมักจะใช้

1. เพื่อช่วยแต่งสีตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์อาหารที่อาจสูญเสียไปเนื่องจากขบวนการแปรรูปหรือการเก็บรักษา เช่น ผักและผลไม้แปรรูป เป็นต้น
2. เพื่อช่วยแต่งสีของผลิตภัณฑ์อาหารให้มีความสม่ำเสมอ ตัวอย่างเช่น วัตถุประสงค์ประเภทผักหรือผลไม้ที่เก็บในระยะเวลาต่างกันหรือต่างสถานที่กัน จะมีสีที่ผิดเพี้ยนกันไป
3. เพื่อเป็นการช่วยผู้บริโภคให้สามารถจำแนกกลิ่นรสของอาหารชนิดนั้น เช่น ไอศกรีมรสส้ม ก็ควรจะมีสีส้ม เป็นต้น
4. เพื่อเป็นการช่วยให้ผู้บริโภคสามารถประเมินคุณภาพของอาหารชนิดนั้น
5. เพื่อช่วยป้องกันกลิ่น รสและไวตามินชนิดที่ถูกทำลายได้ง่ายด้วยแสงในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เพื่อช่วยให้อาหารมีลักษณะน่าบริโภค ตัวอย่างเช่น ใช้ช่วยแต่งสีในผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีสี เช่น เยลลี่ เป็นต้น
7. เพื่อช่วยเพิ่มความเข้มของสีธรรมชาติ เมื่อสีในผลิตภัณฑ์มีสีอ่อนกว่าที่ควรจะเป็น เช่น ในเครื่องดื่มผลไม้หรือ โยเกิร์ตผลไม้ เป็นต้น

การใช้สีแต่งอาหารนั้นเริ่มมีมานานแล้ว พร้อมกับการใช้เครื่องเทศในอาหารประมาณ 3,000 ปี ผ่านมาแล้ว สีที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นสีที่ได้จากพืชหรือสัตว์ที่ใช้เป็นเครื่องเทศ ในระหว่างศตวรรษที่ 18 และ 19 ได้มีบริษัทผลิตอาหารที่เห็นแก่ได้นำสีมาแต่งอาหารที่เสื่อมคุณภาพหรือเสียแล้ว หลอกหลวงจำหน่ายแก่ผู้บริโภค ดังตัวอย่างที่ Fedemich Accum ได้เขียนเอาไว้ในหนังสือ “A Treatise on Adulterations of Food and Culinary Poisons” ในปี 1820 ว่าได้มีผู้ผลิตใช้

1. Copper Sulfate แต่งสี pickles ให้มีสีเขียว
2. เกลือของทองแดงและตะกั่วแต่งสีลูกกวาดให้มีสีแบบสีรุ้ง
3. Verdigris (copper oxide) แต่งสีใบชาแล้วหลอกหลงผู้บริโภคว่าเป็นชาจากประเทศจีน
4. Black lead และสารประกอบเคมีอื่น ย้อมสีใบชาที่ใช้แล้วมาทำให้แห้ง แล้วจำหน่ายเป็นใบชาใหม่
5. Red lead แต่งสี gloucester cheese ให้มีสีส้ม

ปรากฏว่าข้อเขียนของ Accum ไม่ได้ได้รับการสนใจเท่าที่ควร จึงมีการใช้สีที่ไม่ถูกต้องในสหราชอาณาจักรต่อมา จนแม้ในปลายศตวรรษที่ 19 ก็ยังมีการใช้สีเหลืองใส่ในนม กระทั่งปี 1856 Sir William Henry Perkins ชาวอังกฤษ ได้ค้นคว้าทดลองสังเคราะห์สีสังเคราะห์ “mauve” ขึ้นเป็นครั้งแรก ต่อมาจึงได้มีการศึกษาค้นคว้าสีสังเคราะห์เพื่อใช้ในอาหารกันมากขึ้น

สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกา นั้น ได้เริ่มมีกฎหมายเกี่ยวกับสีฉบับแรกคือ the first federal Regulation คือ an 1886 Act of Congress ซึ่งได้อนุญาตให้ใช้สีในเนยได้ ต่อมาในปี 1900 กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกาได้มีการสำรวจการใช้สีเป็นวัตถุเจือปนอาหาร และได้มีการริเริ่มกำหนดกฎเกณฑ์ต่างๆ ที่จะควบคุมการใช้สีในอาหาร เนื่องจากในขณะนั้นไม่มีกฎหมายหรือข้อบังคับใดเกี่ยวกับการใช้สีผสมอาหารอยู่เลย ฉะนั้นบางครั้งจึงมีการพบว่ามีการนำสีย้อมผ้ามาใช้ในอาหารด้วย จึงได้มีการร่าง the Pure Food and Drug Act of .1906 ขึ้น โดยมีรายชื่อของสีที่อนุญาตให้ใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารเพียง 7 ชนิด ที่ได้มีการศึกษาถึงส่วนประกอบและทดลองแล้วว่าไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ต่างๆที่กล่าวได้แก่

Orange 1	ซึ่งต่อมาได้มีการเปลี่ยนเป็น	FD & C Orange No. 1
Erythrosine	ซึ่งต่อมาได้มีการเปลี่ยนเป็น	FD & C Red No. 3
Poncean 3R	ซึ่งต่อมาได้มีการเปลี่ยนเป็น	FD & C Red No. 1
Amaranth	ซึ่งต่อมาได้มีการเปลี่ยนเป็น	FD & C Red No. 2
Indigotine	ซึ่งต่อมาได้มีการเปลี่ยนเป็น	FD & C Blue No. 2
Naphthol Yellow	ซึ่งต่อมาได้มีการเปลี่ยนเป็น	FD & C Yellow No. 1
Light Green	ซึ่งต่อมาได้มีการเปลี่ยนเป็น	FD & C Green No. 2

หมายเหตุ ชื่อที่เปลี่ยนใหม่เปลี่ยนตาม the Federal Food Drug and Cosmetic Act of 1938

สำหรับวิธีการปฏิบัติตาม the Pure Food and Drug of Act 1906 นั้น ได้มีการให้ผู้ประกอบการผลิตสีที่กล่าวมาขอใบรับรองได้ด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการแสดงว่าสีที่ผลิตขึ้นมีคุณภาพหรือคุณสมบัติเหมือนกับข้อกำหนดทางเคมี (chemical specification) ที่กำหนดไว้ในกฎหมาย แต่เป็นแบบสมัครใจมิได้มีการบังคับแต่อย่างใด และใบรับรองที่กล่าวนี้ ทางกระทรวงเกษตร (U.S. Department of Agriculture) จะเป็นผู้ออกให้ และเนื่องจากความต้องการใช้สีในอาหารมีมากขึ้น จึงได้มีการค้นคว้าศึกษาสีที่ปลอดภัยและอนุญาตให้ใช้เพิ่มเติมดังนี้

ในปี	1916	Tartarazine	ซึ่งต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น	FD & C Yellow No. 5
	1918	Yellow AB	ซึ่งต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น	FD & C Yellow No. 2
	1922	Guinea green	ซึ่งต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น	FD & C Green No. 1
	1927	Fast green	ซึ่งต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น	FD & C Green No. 3
	1929	Poncean SX	ซึ่งต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น	FD & C Red No. 4
	1929	Sunset yellow	ซึ่งต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น	FD & C Yellow No. 6
	1929	Brilliant blue	ซึ่งต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น	FD & C Blue No. 1

จนกระทั่งในปี 1938 จึงได้มีการประกาศใช้ the Federal Food Drug and Cosmetic Act (21 CFR Part 73-74, 81-82) แทน the Pure Food and Drug Act of 1906 และบังคับให้สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งแต่วันที่ทุกชนิดจะต้องมีการขอใบรับรอง ยกเว้นแต่สีที่ได้จากธรรมชาติ และตามกฎหมายฉบับนี้ ได้มีการกำหนดวิธีการเรียกชื่อสีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร ยาและเครื่องสำอางค์ใหม่ เพื่อป้องกันการสับสน โดยได้แบ่งวิธีการออกเป็น 3 แบบ ดังนี้คือ

1. FD & C colors เป็นสีที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร ยาและเครื่องสำอางค์
2. D & C colors เป็นสีที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารและยา
3. External D & C colors เป็นสีที่อนุญาตให้ใช้เฉพาะในยาและเครื่องสำอางค์และสำหรับภายนอกเท่านั้น

ตัวอย่างของวิธีการเรียกชื่อแบบใหม่ เช่น จาก Erythrosine ไปเป็น FD & C Red No. 3 เป็นต้น ส่วนการควบคุมเกี่ยวกับเรื่องการใช้สีและการออกใบรับรอง ได้มีการเปลี่ยนแปลงคือ ดำเนินการโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (Food and Drug Administration, FDA) แทน สำหรับรายชื่อสี 15 ชนิดที่มีการอนุญาตให้ใช้ตามกฎหมายฉบับนี้นั้น ได้ผ่านการศึกษาและประเมินผลทางพิษวิทยามาเรียบร้อยแล้ว ต่อมาในปี 1950 ปรากฏว่าพบอาการท้องเดินเกิดขึ้นกับเด็กที่บริโภคลูกกวาดและ popcorn ที่มีการใส่สีมากเกินไป และสีที่เป็นสาเหตุคือ FD & C Orange No. 1, 2 และ FD & C Red No. 32 จึงได้มีการยกเลิกการอนุญาตให้ใช้สีดังกล่าวเสีย ซึ่งสาเหตุดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความปลอดภัยของสีที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสีที่ใช้ด้วย แต่ตาม the Federal Food, Drug and Cosmetic Act of 1938 ไม่ได้ให้อำนาจในการกำหนดปริมาณสีที่ใช้ไว้ด้วย ในปี 1960 กระทรวงสาธารณสุขของสหรัฐอเมริกา (the U.S. Department of health, Education and Welfare) ได้ร่าง the 1960 Color Additive Amendments to the Food, Drug and Cosmetic Act ขึ้น เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในกฎหมายฉบับที่ออกในปี 1938 ซึ่งในกฎหมายฉบับใหม่นี้ประกอบด้วย

1. Title I หรือที่เรียกว่า permanent part
2. Title II หรือที่เรียกว่า temporary part

สำหรับ Title I นั้นจะเป็นส่วนที่สำคัญมากกว่า จะประกอบด้วยข้อกำหนดต่างๆ ของสีที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร ทั้งชนิดที่เป็น certified และ uncertified มีการกำหนดใช้คำว่า color additive และให้คำจำกัดความไว้ดังนี้คือ color additive หมายถึง dye หรือ pigment หรือสารที่ได้จากพืช สัตว์ หรือ mineral หรือแหล่งอื่น ที่สามารถทำให้เกิดสีในอาหาร ยาและเครื่องสำอางค์หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายมนุษย์ ในกฎหมายฉบับใหม่นี้ได้รวม Delaney type clause ที่กำหนดไว้ว่า วัตถุเจือปนชนิดใดที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ หรือสัตว์ ไม่ควรนำมาใช้ในอาหาร และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

FDA มีอำนาจในการกำหนดปริมาณของสีที่จะใช้ในอาหาร ยาและเครื่องสำอางค์ สีทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นสีสังเคราะห์หรือสีที่เคยได้รับอนุญาตให้ใช้แล้ว จะต้องมีการนำมาศึกษาทางด้านความปลอดภัยในการใช้ใหม่ด้วยวิธีการและเทคโนโลยีที่ทันสมัย

ส่วน Title II นั้น เป็นส่วนที่มีการอนุญาตให้ใช้สีที่มีการใช้อยู่แล้วต่อไปเพื่อรอข้อมูลที่กำลังศึกษาอยู่ เพื่อที่จะเปลี่ยนให้สีนี้ไปอยู่ใน permanent list ซึ่งจะมีระยะเวลา 2 ½ ปี แต่เลขานุการมีสิทธิที่เลื่อนเวลาให้สั้นเข้าหรือนานออกไปแล้วแต่ความจำเป็น

สำหรับสีที่นิยมใช้ในอาหารนั้น โดยทั่วไปแบ่งออกได้เป็น

1. สีจากธรรมชาติ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสีที่สกัดได้จากพืชหรือสัตว์ที่บริโภคได้ เช่น anthocyanins, carotenoids, และคลอโรฟิลล์ เป็นต้น มักเป็นสีที่ไม่ค่อยคงตัว และมักจะต้องใช้ในปริมาณมาก

2. สีสังเคราะห์ เป็นสีที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมีต่างๆ เป็นสีที่ค่อนข้างคงตัว และใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็จะให้สีตามต้องการได้ ตัวอย่างของสีสังเคราะห์ที่มีการใช้กัน ได้แก่ Azorubine, Erythrosine และ Tartarazine เป็นต้น

3. สีอนินทรีย์ ที่สำคัญได้แก่ titanium dioxide, iron oxide และผงถ่านที่ได้จากการเผาฟิซ เป็นต้น

สำหรับสีจาก Annatto ที่จำหน่ายในท้องตลาดมีอยู่ 3 รูปคือ

1. Water soluble annatto (cheese color) จะอยู่ในรูปสารละลายเกลือ dipotassium ของ norbixin หรืออาจอยู่ในรูปเกลือ sodium หรือ ammonium ของ norbixin สีที่จำหน่ายอยู่ในรูปนี้จะมีค่าความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างสูงคือประมาณ 11-14 มี bixin ละลายอยู่ประมาณ 7% นิยมใช้ในอาหารประเภทนม ครีมและ cheese curd เป็นต้น

2. Oil soluble annatto (butter color) แบ่งออกได้ดังนี้คือ

ก. Bixin solution in vegetable oil จะมีความเป็นกรด-ด่าง 5-7 และมี bixin ละลายอยู่ 0.75% นิยมใช้ในอาหารที่มีลักษณะเป็น emulsion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข. Bixin suspension in vegetable oil จะมี bixin ละลายอยู่ 30% และมีความเป็นกรด-ด่าง 5-7 นิยมใช้กับอาหารที่มีลักษณะเป็น emulsion
- ค. Bixin and/ or norbixin solution in alkaline propylene glycol and monoglycerides จะมี bixin และหรือ norbixin ละลายอยู่ 5% และมีความเป็นกรด-ด่าง 3-11 นิยมใช้กับอาหารที่มีลักษณะเป็น emulsion

3. Insoluble annatto จะมีลักษณะเหมือนกับ pigment

สำหรับสี bixin หรือ annatto นี้ โดยทั่วไปนิยมใช้แต่งสีอาหารประเภทที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ เช่น ผลิตภัณฑ์นมทั้งหลาย ซึ่งรวมถึงเนย เนยแข็ง ไอศกรีม เป็นต้น และยังใช้แต่งสีขนมที่ทำด้วยไข่ เช่น ทองหยิบ ฝอยทอง เป็นต้น

2.6 การสกัดรงควัตถุจากพืช (จินตนา, 2529)

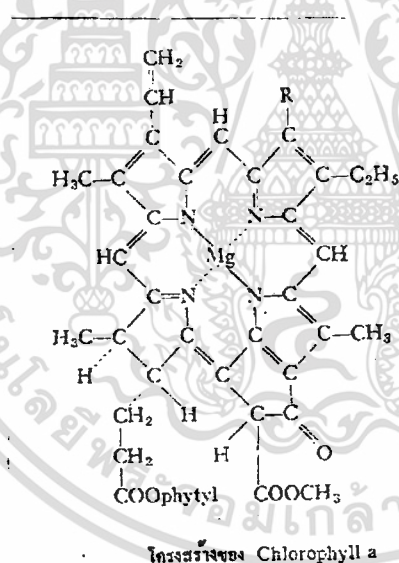
การสกัดรงควัตถุจากพืชขึ้นใช้ได้เองมี 4 วิธีดังนี้

1. การใช้วัสดุธรรมชาติที่ให้สีผสมลงในอาหารโดยตรง เช่น การนำดอกโสนสดโม่บดพร้อมกับแป้งที่จะนำไปทำขนม ทำให้แป้งมีสีเหลืองนวล
2. การทำให้แห้งด้วยการผึ่งแดด หรืออบบดละเอียด ร้อนด้วยตะแกรงจะได้ผงที่ละเอียด เช่น ขมิ้น
3. การใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่น
 - 3.1 บดหรือตำให้ละเอียด เติมน้ำเล็กน้อยคั้น นำส่วนที่เป็นน้ำซึ่งมีสีไปใช้ได้ เช่น ดอกอัญชัญ
 - 3.2 นำวัสดุแช่น้ำที่อุณหภูมิปกติหรือน้ำร้อน สีจะละลายออกมา เช่น ครั่ง ผ่าง
 - 3.3 บดละเอียดแช่น้ำร้อน เมื่อละลายออกมา นำมากรองเอากากทิ้ง น้ำที่ได้นำมาทิ้งให้ตกตะกอน รินน้ำทิ้ง ระเหยน้ำให้แห้ง จะได้ผงสีหรือสีมีลักษณะเป็นก้อน เช่น คำแสด
4. ใช้ตัวทำละลายอื่น ๆ เช่น เอธิลแอลกอฮอล์ หรือเหล้าขาว โดยหั่นวัสดุให้มีขนาดเล็ก บดหรือตำให้ละเอียดเติมเอธิลแอลกอฮอล์ 85% หรือเหล้าขาว คั้นกรองแล้วระเหยตัวทำละลายออกจะได้ผงสี

2.7 คลอโรฟิลล์ (Chlorophylls)

คลอโรฟิลล์เป็นกลุ่มสารให้สีหรือรงควัตถุ (pigment) สีเขียวที่พบในพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของใบ คลอโรฟิลล์ที่กล่าวนี้จะอยู่ใน plastid ในใบ ซึ่งเรียกว่า chloroplasts ใน chloroplasts จะมีอนุภาคขนาดเล็กๆ หรือ grana มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2-2 μm ระหว่าง grana จะมี stroma แทรกอยู่ โมเลกุลของคลอโรฟิลล์จะถูกตรึงอยู่ใน lamellae ที่กล่าวนี้ คลอโรฟิลล์ที่มีความสำคัญและพบมากในอาหาร ได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บีซึ่งมักพบทั่วไปในพืชชั้นสูงในอัตราส่วน 3 : 1

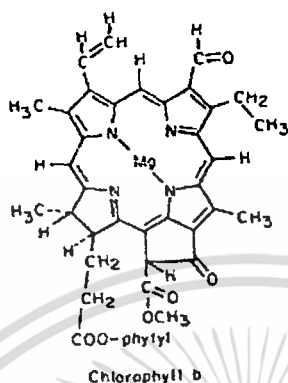
คลอโรฟิลล์เอ มีโครงสร้างแบบ magnesium – cheated tetrapyrrole ซึ่งมี methyl อยู่ที่ตำแหน่ง 1, 3, 5 และ 8 Vinyl อยู่ที่ตำแหน่งที่ 2 Methyl ที่ตำแหน่งที่ 4 เกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ริฟิเคชัน propionate ด้วย phytyl alcohol ที่ตำแหน่งที่ 7 Keto ที่ตำแหน่งที่ 9 และ carbonmethoxy ที่ตำแหน่ง 10



ภาพที่ 5 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ เอ

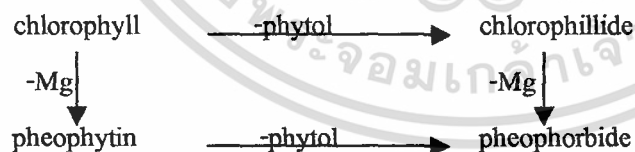
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลอโรฟิลล์บี มีโครงสร้างเช่นเดียวกับคลอโรฟิลล์เอ ยกเว้นที่ตำแหน่งที่ 3 จะมี formyl group ค่อนข้างมากกว่า methyl group



ภาพที่ 6 โครงสร้างของคลอโรฟิลล์ บี

ปกติคลอโรฟิลล์จะมีสีเขียว แต่ถ้ามีการแทนที่ของแมกนีเซียมด้วยไฮโดรเจนจะทำให้เกิดเป็นสีเขียวคล้ำ (dull – olive brown) ของ pheophytin ขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า pheophytinization และถ้าหากมีการเอา phytol chain ออก สารประกอบที่เกิดขึ้นคือ chlorophyllides ซึ่งจะมีสีเขียวและมี spectral properties เหมือนคลอโรฟิลล์แต่ละลายน้ำได้ดีกว่า และถ้าหากทำการ remove แมกนีเซียมที่อยู่ใน chlorophyllides ออก จะได้ pheophorbides ซึ่งจะมีสีและ spectral properties เหมือน pheophytins



คลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในวัตถุดิบหรือที่ใช้เป็นสีผสมอาหารนั้น เมื่อผ่านกรรมวิธีการแปรรูปหรือระหว่างเก็บเพื่อรอการบริโภคหรือขาย มักจะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่นผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่บรรจุอยู่ในภาชนะบรรจุที่ใส จะเกิด photooxidation ได้ง่าย ทำให้สีของอาหารผิดปกติไปด้วย หรือการลวก (blanching) ก็เช่นกัน ที่พบว่าเป็นสาเหตุให้เกิดปฏิกิริยา pheophytinization ขึ้นได้ และปฏิกิริยานี้จะเกิดเร็วขึ้นและมากขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ด้วย การแปรรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และการเก็บผักเยือกแข็ง (ผักชนิดที่มีคลอโรฟิลล์เป็นส่วนประกอบ) ปรากฏว่ามีผลทำให้สีของคลอโรฟิลล์เปลี่ยนไปเช่นกัน ซึ่งส่วนใหญ่จะเนื่องมาจากอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการลวกก่อนนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์เยือกแข็ง ส่วนในผลิตภัณฑ์ถั่วประเภท pea และ bean นั้นปรากฏว่า lipoxigenase จะไปทำลายคลอโรฟิลล์ได้ การใช้รังสีแกมมาในการถนอมอาหารจะทำให้เกิด pheophytin ขึ้น ส่วนในการทำแตงคองที่มีสีเปลี่ยนไปนั้น จะเกิดขึ้นเนื่องจาก pheophorbides สำหรับปัญหาใหญ่ที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสีของคลอโรฟิลล์ คือการแปรรูปด้วยความร้อนและการเก็บซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงนี้ เนื่องมาจากคลอโรฟิลล์ถูกเปลี่ยนไปเป็น pheophytin ปริมาณของ pheophytin ที่เกิดขึ้นนี้ จะขึ้นกับปริมาณของกรดที่เกิดขึ้นในระหว่างการแปรรูปและการเก็บด้วย

เนื่องจากปัญหาการสูญเสียคลอโรฟิลล์ในระหว่างกรรมวิธีการแปรรูปและระหว่างการเก็บมีมาก จึงได้มีการศึกษาทดลองแก้ไขปัญหานั้นที่กล่าว แต่ก็พบว่ายังไม่ประสบความสำเร็จดีนัก วิธีหนึ่งที่มีการทดลองคือการพยายามเปลี่ยนคลอโรฟิลล์ให้เป็น chlorophyllides ซึ่งเชื่อว่าจะมีความคงตัวดีกว่าคลอโรฟิลล์โดยใช้ esterase ที่มีอยู่ตามธรรมชาติซึ่งคือ chlorophyllase แต่ผลก็ยังไม่อาจสรุปได้ ส่วนวิธีอื่นที่มีการทดลอง คือวิธีการใช้สารประกอบเคมีประเภทที่ช่วยเพิ่มความเป็นด่าง เช่น calcium hydroxide หรือ magnesium hydroxide เพื่อลดปฏิกิริยาการเกิด pheophytin แต่การใช้สารเหล่านี้ก็มีข้อเสียคือ ถ้าหากมีการใช้ในปริมาณที่สูงเกินไป จะทำให้ลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์เสียไป นอกจากนี้ยังทำลายวิตามินซีในผลิตภัณฑ์ด้วย

การใช้ High - temperature , short - time processing เป็นอีกวิธีหนึ่ง ที่มีการทดลองนำมาใช้ช่วยรักษาสีคลอโรฟิลล์ ปรากฏว่าได้ผลดีมากหลังการแปรรูป แต่ภายหลังการเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่งสีของคลอโรฟิลล์ก็เปลี่ยนแปลงไปอีก จึงได้มีการใช้สารประกอบประเภท alkalinizing agent ร่วมกับกรรมวิธีที่กล่าวข้างต้น หรือการใช้เอนไซม์ช่วยเปลี่ยนคลอโรฟิลล์ให้เป็น chlorophyllides ร่วมกับกรรมวิธีที่กล่าว แต่ไม่ว่าวิธีไหนก็จะให้ผลดีเพียงแค่ว่าหลังการแปรรูปเท่านั้น แต่เมื่อเก็บไว้ระยะเวลาหนึ่งก็จะมีเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอีก ต่อมา มีการทดลองรักษาสีคลอโรฟิลล์ในหน่อไม้ฝรั่ง โดยวิธี controlled atmosphere storage ปรากฏว่าสีของคลอโรฟิลล์จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง เมื่อปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น แต่ผลที่ได้ก็ยังไม่เป็นที่น่าพอใจนัก

ฉะนั้นในขณะนี้จึงยังไม่อาจสรุปได้ว่า วิธีการใดจะเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะช่วยรักษาสีของคลอโรฟิลล์ให้คงที่ จึงควรที่จะแก้ไขโดยใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดี และทำการแปรรูปด้วยความระมัดระวัง เก็บในสภาวะที่เหมาะสม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วัตถุดิบ สารเคมี และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 ไบย่านาง
- 3.1.2 แป้งข้าวเหนียว

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารเคมีที่ใช้ในการสกัดสีเขียวจากไบย่านาง

- 95 เปอร์เซ็นต์ เอทิลแอลกอฮอล์

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์

- อะซิโตน
- 95 เปอร์เซ็นต์ เอทิลแอลกอฮอล์
- บีโตรเลียมอีเธอร์
- โซเดียมซัลเฟต
- แคลเซียมคาร์บอเนต

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

3.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการสกัดสีเขียวจากไบย่านาง

- บีกเกอร์
- กระจกตวง
- เครื่องบดแบบสกรู
- เครื่องปั่น (Blender)
- ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
- ครก
- เครื่องชั่งสามตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler-Toledo รุ่น Spider 2-6-P
- ผ้าขาวบาง
- กะละมัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุปกรณ์กรองแบบดูดอากาศออก (suction filter)
- กระดาษกรองเบอร์ 42

3.3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์

- โกร่ง (Mortar)
- อุปกรณ์กรองแบบดูดอากาศออก (suction filter)
- กระดาษกรองเบอร์ 42
- กรวยแยก (Funnel)
- เครื่องชั่งที่ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler-Toledo รุ่น AB204
- ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)
- บีเปต
- กระบอกตวง
- แท่งแก้ว
- กระบอกน้ำกลั่น
- หลอดทดลอง
- สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

3.3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวัดความเป็นกรดต่าง

- เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (pH meter) ยี่ห้อ Suntex รุ่น SP 701

3.3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวัดสี

- ชุดเครื่องวัดสี ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-300

3.3.5 อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด

- อะลูมิเนียมแคน (Aluminium can)
- โถดูดความชื้น (Desiccator)
- ทongs (tong)
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
- ตาชั่งที่ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler-Toledo รุ่น AB204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แพร่งแก้ว

3.4 วิธีการทดลอง

1. ศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบ

- 1.1 วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ (AOAC , 1995)
- 1.2 วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC , 1995)
- 1.3 วิเคราะห์ความเป็นกรดค่า

นำสารละลายที่ได้จากใบย่านางปริมาตร 25 มิลลิลิตร ไปวัดค่าความเป็นกรดค่าด้วย pH meter

1.4 วัดสี

นำสารละลายที่ได้จากใบย่านางปริมาตร 25 มิลลิลิตร ไปวัดสีด้วยเครื่อง colorimeter โดยใช้ระบบวัดสีแบบ Hunter

2. ศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดสีเขียวจากใบย่านาง โดยในการทดลองกำหนดไว้ 4 วิธี คือ

2.1 วิธีการสกัดใบย่านาง

2.1.1 การสกัดโดยการขยี้

- 2.1.1.1 นำใบย่านางสด 40 กรัม ล้างให้สะอาด
- 2.1.1.2 นำใบย่านางไปขยี้กับ 95 เปอร์เซ็นต์ เอธิลแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร ในกะละมังนาน 10 นาทีโดยใช้ความถี่ในการขยี้สม่ำเสมอ
- 2.1.1.3 กรองสารละลายสีเขียวที่ได้จากข้อ 2 ด้วยผ้าขาวบาง ใส่ในบีกเกอร์ที่หุ้มด้วยฟอยล์

2.1.2 การสกัดโดยเครื่องปั่น

- 2.1.2.1 นำใบย่านางสด 40 กรัม ล้างให้สะอาด
- 2.1.2.2 นำใบย่านางสดไปปั่นกับ 95 เปอร์เซ็นต์ เอธิลแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร เป็นเวลา 10 นาที
- 2.1.2.3 กรองสารละลายสีเขียวที่ได้จากข้อ 2 ด้วยผ้าขาวบาง ใส่ในบีกเกอร์ที่หุ้มด้วยฟอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 การสกัดโดยเครื่องบดแบบสกรู

2.1.3.1 นำใบย่านางสด 40 กรัม ล้างให้สะอาด

2.1.3.2 นำใบย่านางสดไปบดแห้งเป็นเวลา 8 นาที หลังจากนั้นจึงนำไปบดกับ 95 เปอร์เซ็นต์ เอธิลแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร นาน 2 นาที

2.1.3.3 กรองสารละลายสีเขียวที่ได้จากข้อ 2 ด้วยผ้าขาวบาง ใส่ในบีกเกอร์ที่หุ้มด้วยฟอยล์

2.1.4 การสกัดโดยการใช้ครก

2.1.4.1 นำใบย่านางสด 40 กรัม ล้างให้สะอาด

2.1.4.2 นำใบย่านางสดไปตำแห้งเป็นเวลา 8 นาที หลังจากนั้นจึงนำไปตำกับ 95 เปอร์เซ็นต์ เอธิลแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร นาน 2 นาที โดยใช้ความถี่ในการตำสม่ำเสมอ

2.1.4.3 กรองสารละลายสีเขียวที่ได้จากข้อ 2 ด้วยผ้าขาวบาง ใส่ในบีกเกอร์ที่หุ้มด้วยฟอยล์

2.2 วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ (AOAC, 1995)

2.3 วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 1995)

2.4 วิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง

นำสารสกัดที่ได้จากใบย่านางจากการสกัดแต่ละวิธีปริมาตร 25 มิลลิลิตร ไปวัดค่าความเป็นกรดต่างด้วย pH meter

2.5 วัดสี

นำสารสกัดที่ได้จากใบย่านางจากการสกัดแต่ละวิธีปริมาตร 25 มล. ไปวัดสีด้วยเครื่อง colorimeter โดยใช้ระบบวัดสีแบบ Hunter

3. นำสารสกัดที่สกัดได้จากวิธีที่ดีที่สุดไปอบแห้งด้วยวิธีสูญญากาศ

3.1 ระเหยโดย water bath โดยใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จนเหลือสารสกัดประมาณ 1 ใน 4 ของสารสกัดทั้งหมด

3.2 นำสารสกัดหลังจากระเหยเต็มเป็่งข้าวเหนียวในปริมาณ 5 เท่า, 10 เท่า, 15 เท่า และ 20 เท่า (โดยคิดจากปริมาณของแข็งของสารสกัดจากวิธีที่ดีที่สุดต่อเป็่งข้าวเหนียว)

3.3 นำไปเข้าตู้อบสูญญากาศ โดยใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ความดัน 15 บาร์ จนสารสกัดที่เต็มเป็่งข้าวเหนียวแห้ง หรือเหลือความชื้น 10-15 เปอร์เซ็นต์

4. นำย่านางผงที่ได้จากการต้มแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วนต่างๆ ใส่ลงในน้ำแช่ชุปหน่อไม้เพื่อเปรียบเทียบการยอมรับของผู้บริโภค

4.1 นำย่านางสด 40 กรัม มาขยี้ด้วยน้ำ 200 มิลลิลิตร

4.2 นำย่านางผงไปละลายน้ำในอัตราส่วน 1 : 5

4.3 นำน้ำที่ได้จากข้อ 3.1 และ 3.2 มาผสมในชุปหน่อไม้โดยใช้อัตราส่วนระหว่างน้ำต่อหน่อไม้เป็น 1 : 2 ซึ่งใช้เวลาในการต้มหน่อไม้กับย่านางผงที่ได้จากการต้มแป้งข้าวเหนียวในแต่ละอัตราส่วนและจากใบย่านางสดเป็นเวลา 5 นาทีและใช้อุณหภูมิในแต่ละครั้งที่เท่ากัน เพื่อทำการคัดเลือกอัตราส่วนที่ดีที่สุด โดยใช้การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ HEDONIC SCALE โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 20 คน

5. การศึกษาคุณภาพของย่านางผงจากใบย่านางที่อัตราส่วนที่ผู้บริโภครยอมรับ

5.1 วิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์

วิธีการปรับปรุงจาก Spectrophotometric Method เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

5.2 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

5.3 วิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง

นำย่านางผงที่ได้จากการสกัดใบย่านางสด 40 กรัม มาละลายด้วยน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดความเป็นกรดต่างโดยใช้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร

5.4 วัดสี

นำย่านางผงที่ได้จากการสกัดใบย่านางสด 40 กรัม มาละลายด้วยน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดสีโดยใช้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาคุณภาพของวัตถุดิบ

4.1.1 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์

ตารางที่ 6 ตารางแสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ของการทดลองครั้งที่ 1

วัตถุดิบ	คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มก./ลิตร)	คลอโรฟิลล์เอ (มก./ลิตร)	คลอโรฟิลล์บี (มก./ลิตร)
ใบย่านาง	6.9352	5.1697	1.7698

หมายเหตุ เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบย่านาง ชุดละ 3 ซ้ำ

การศึกษาคุณภาพของใบย่านาง โดยการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ ซึ่งพิจารณาจากตารางที่ 6 พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 6.9352 มก./ลิตร , คลอโรฟิลล์เอ 5.1697 มก./ลิตร และคลอโรฟิลล์บี 1.7698 มก./ลิตร

4.1.2 การวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด

ตารางที่ 7 ตารางแสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

วัตถุดิบ	% ของแข็ง	% ความชื้น
ใบย่านาง	1.8263	98.1737
แป้งข้าวเหนียว	87.4631	12.5369

หมายเหตุ เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดและความชื้นของใบย่านาง ชุดละ 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาคุณภาพของใบย่านาง โดยการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด ซึ่งพิจารณาจากตารางที่ 7 พบว่าใบย่านางมีปริมาณของแข็งทั้งหมด 1.8263 เปอร์เซ็นต์ และแป้งข้าวเหนียว 98.1737 เปอร์เซ็นต์ โดยใบย่านางมีความชื้น 98.1737 เปอร์เซ็นต์ และแป้งข้าวเหนียว 12.5369 เปอร์เซ็นต์

4.1.3 การวิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง

ตารางที่ 8 ตารางแสดงผลของการวิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง

วัตถุดิบ	ค่าความเป็นกรดต่าง
ใบย่านาง	6.00

หมายเหตุ เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยค่าความเป็นกรดต่างของใบย่านาง ชุดละ 3 ซ้ำ

การศึกษาคุณภาพของใบย่านาง โดยการวิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง ซึ่งพิจารณาจากตารางที่ 8 พบว่ามีค่าความเป็นกรดต่าง 6.00

4.1.4 การวัดค่าสีจากเครื่อง colorimeter โดยระบบ Hunter

ตารางที่ 9 ตารางแสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของใบย่านางด้วยระบบ Hunter

วัตถุดิบ	L	a	b
ใบย่านาง	15.92	-0.65	0.62

หมายเหตุ *เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยค่าที่วัดสีของใบย่านาง ชุดละ 3 ซ้ำ

*ค่า L แทนถึง ความสว่าง-มืด ค่า a แทนถึงสีแดง-เขียว และค่า b แทนถึงสีเหลือง-น้ำเงิน

4.2 การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดสีเขียวจากใบย่านาง

4.2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์

ตารางที่ 10 ตารางแสดงผลของการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ของสารสกัดจากใบย่านางของการทดลองขั้นที่ 2

วิธีการ	คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มก./ลิตร)	คลอโรฟิลล์เอ (มก./ลิตร)	คลอโรฟิลล์บี (มก./ลิตร)
ขยี้	2.1706	1.5103	0.6618
ปั่น	5.5355	3.8067	1.7326
บด	5.2275	3.6191	1.6118
ตำ	2.6143	1.8386	0.7774

หมายเหตุ เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ของสารสกัดจากใบย่านาง ชุดละ 3 ซ้ำ

การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดสีเขียวจากใบย่านาง ซึ่งในการทดลองได้แบ่งเป็น 4 วิธี คือ การขยี้โดยใช้มือ การปั่นโดยใช้เครื่องปั่น การบดโดยเครื่องบดแบบสกรู และการตำโดยใช้ครก แล้วนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 10 พบว่า การสกัดโดยเครื่องปั่นมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด

4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

ตารางที่ 11 ตารางแสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

วิธีการ	% ของแข็ง	% ความชื้น
ขยี้	0.7247	99.2753
ปั่น	0.9921	99.0079
บด	0.7474	99.2526
ตำ	0.4986	99.5014

หมายเหตุ เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดและความชื้นของสารสกัดจากใบย่านาง ชุดละ 3 ซ้ำ

การศึกษารวมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดสีเขียวจากใบย่านาง โดยการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 11 พบว่า การสกัดโดยเครื่องปั่นมีปริมาณของแข็งทั้งหมดมากที่สุด

4.2.3 การวิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง

ตารางที่ 12 ตารางแสดงผลของการวิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง

วิธีการ	ค่าความเป็นกรดต่าง
ขยี้	5.93
ปั่น	5.92
บด	5.99
ตำ	5.96

หมายเหตุ เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยค่าความเป็นกรดต่างของสารสกัดจากใบย่านาง ชุดละ 3 ซ้ำ

การศึกษารวมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดสีเขียวจากใบย่านาง โดยการวิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 12 พบว่า การสกัดทั้ง 4 วิธี มีค่าความเป็นกรดต่างไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การวัดค่าสีจากเครื่อง colorimeter โดยระบบ Hunter

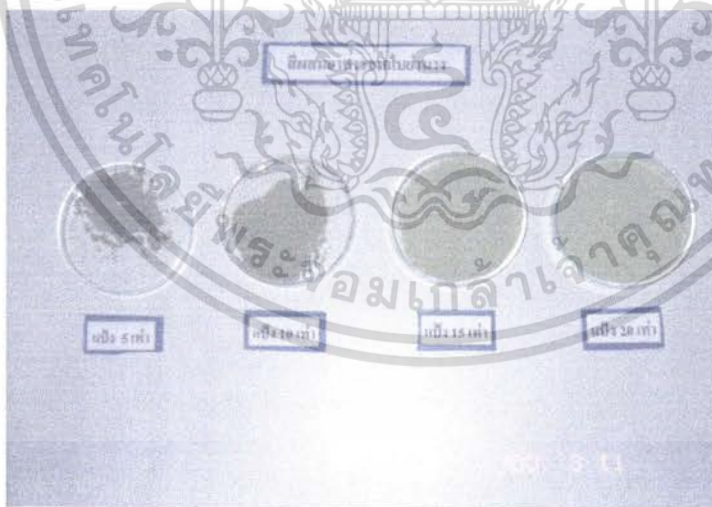
ตารางที่ 13 ตารางแสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของสารสกัดจากใบย่านางด้วยระบบ Hunter

วิธีการ	L	a	b
ขย	16.16	0.28	-0.07
ป่น	16.23	0.16	-0.09
บด	16.15	0.45	-0.20
ตำ	16.03	0.38	-0.26

หมายเหตุ เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยค่าที่วัดสีของสารสกัดจากใบย่านาง ชุดละ 3 ซ้ำ

การศึกษารวมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดสีเขียวจากใบย่านาง โดยการวัดค่าสี เพื่อพิจารณาจากตารางที่ 13 พบว่า การสกัดโดยเครื่องปั่นให้ค่าของสีเขียวเข้มที่สุด

4.2.5 การทดลองนำสารสกัดที่ได้จากวิธีที่ดีที่สุดไปอบแห้ง



ภาพที่ 7 รูปภาพแสดงย่านางผงที่ได้จากการเคี้ยวแห้งในอัตราส่วนต่างๆ โดยคิดจากปริมาณของแห้งเฉลี่ยของสารสกัดจากวิธีการปั่นต่อปริมาณของแห้งเฉลี่ยของแป้งข้าวเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7 อธิบายได้ว่า เมื่อทำการอบแห้งสารสกัดจากใบย่านางที่คัดเลือกจากการสกัดโดยเครื่องปั่น แล้วนำมาเติมแป้งข้าวเหนียวที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่า ที่แป้ง 5 เท่า จะมีสีเขียวเข้มที่สุด และรองลงมาคือ แป้ง 10 เท่า ส่วนแป้ง 20 เท่านั้นจะให้สีเขียวอ่อนที่สุด เนื่องจากปริมาณแป้งมากขึ้นจึงทำให้สีที่ได้อ่อนลง

4.3 การทดลองนำย่านางผงที่ได้จากการเติมแป้งข้าวเหนียวในอัตราส่วนต่างๆ ใสลงในน้ำแช่ชุปหน่อไม้เพื่อเปรียบเทียบการยอมรับของผู้บริโภคในการทดลองทำการประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น ความหนืด และความชอบโดยรวม แสดงผลตามตารางที่ 9

ตารางที่ 14 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของย่านางผงที่อัตราส่วนต่างๆ

ปัจจัย	control	แป้ง 5 เท่า	แป้ง 10 เท่า	แป้ง 15 เท่า	แป้ง 20 เท่า
สี	1.6 ^a	3.0 ^c	3.6 ^d	2.6 ^{bc}	2.3 ^b
กลิ่น	2.1 ^a	2.9 ^b	3.2 ^b	2.5 ^a	2.5 ^a
ความหนืด	3.0 ^b	3.5 ^c	3.0 ^b	1.8 ^a	1.7 ^a
ความชอบโดยรวม	2.3 ^b	3.4 ^c	3.6 ^c	1.8 ^{ab}	2.1 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันตามแนวนอนจะ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

จากตารางพบว่า การทดสอบทางด้านสี ปริมาณแป้ง 10 เท่า มีคะแนนดีที่สุด และความหนืดที่ปริมาณแป้ง 5 เท่า มีคะแนนดีที่สุด ส่วนด้านกลิ่นและความชอบโดยรวมปริมาณแป้ง 10 เท่า ให้คะแนนดีที่สุดไม่แตกต่างกับปริมาณแป้งที่ 5 เท่า แต่พบว่ามีค่าแตกต่างกับปริมาณแป้งที่ 15 เท่า และ 20 เท่า ทางสถิติ

พิจารณาเลือกผงย่านางที่ได้จากการเติมแป้งข้าวเหนียว 10 เท่า เนื่องจากผู้บริโภคให้การยอมรับทางด้านสีแตกต่างจากแป้งที่อัตราส่วนต่างๆ ส่วนด้านกลิ่นและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เต็มแป้งข้าวเหนียว 5 เท่า แต่มีคะแนนที่สูงกว่า ซึ่งแป้งข้าวเหนียวที่ 10 เท่า จะใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าและให้ปริมาณที่มากกว่า ดังนั้นจึงเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายมากกว่า แต่ทางด้านความหนืดของแป้งข้าวเหนียว 10 เท่า อาจมีการปรับปรุงโดยการใช้อัตราส่วนของหน่อไม้ค่อน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการลดความหนืดลงได้



ภาพที่ 8 รูปแสดงซูปหน่อไม้ที่ได้จากการใส่ผงขานางในอัตราส่วนต่างๆ

จากภาพที่ 8 อธิบายได้ว่า เมื่อทำการใส่ผงขานางในอัตราส่วนต่างๆลงในน้ำแช่ซูปหน่อไม้แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิและเวลาที่เท่ากัน พบว่า ยังมีอัตราส่วนของแป้งมากขึ้น ทำให้ซูปหน่อไม้มีความหนืดมากขึ้น จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับซูปหน่อไม้ที่ใช้สารสกัดจากใบขานางต่อแป้งข้าวเหนียว 10 เท่ามากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การศึกษาคุณภาพของย่านางผงที่อัตราส่วนที่ผู้บริโภคมารับ

4.4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์

ตารางที่ 15 ตารางแสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ของการทดลองครั้งที่ 4

ผลิตภัณฑ์	คลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มก./ลิตร)	คลอโรฟิลล์เอ (มก./ลิตร)	คลอโรฟิลล์บี (มก./ลิตร)
ย่านางผง	3.2829	2.0368	1.2485

หมายเหตุ เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยปริมาณคลอโรฟิลล์ของย่านางผง ชุดละ 3 ซ้ำ

การศึกษาคุณภาพของย่านางผงที่ได้จากการเคี้ยวแห้งข้าวเหนียว 10 เท่า โดยการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 15 พบว่า มีปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด 3.2829 มก./ลิตร คลอโรฟิลล์เอ 2.0368 มก./ลิตร และคลอโรฟิลล์บี 1.2485 มก./ลิตร

4.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

ตารางที่ 16 ตารางแสดงผลของการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

ผลิตภัณฑ์	% ของแข็ง	% ความชื้น
ย่านางผง	86.5993	13.4002

หมายเหตุ เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดและความชื้นของย่านางผง ชุดละ 3 ซ้ำ

การศึกษาคุณภาพของย่านางผงที่ได้จากการเคี้ยวแห้งข้าวเหนียว 10 เท่า โดยการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 16 พบว่า มีปริมาณของแข็งทั้งหมด 86.5993 เปอร์เซ็นต์ และความชื้น 13.4002 เปอร์เซ็นต์

4.4.3 การวิเคราะห์ความเป็นกรดด่าง

ตารางที่ 17 ตารางแสดงผลของการวิเคราะห์ความเป็นกรดด่าง

ผลิตภัณฑ์	ค่าความเป็นกรดด่าง
ย่านางผง	5.82

หมายเหตุ เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยค่าความเป็นกรดด่างของย่านางผง ชุดละ 3 ซ้ำ

การศึกษาคุณภาพของย่านางผงที่ได้จากการเติมแป้งข้าวเหนียว 10 เท่า โดยการวิเคราะห์หาความเป็นกรดด่าง เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 17 พบว่า ย่านางผงที่ได้มีค่าความเป็นกรดด่าง 5.82

4.4.4 การวัดค่าสีจากเครื่อง colorimeter โดยระบบ Hunter

ตารางที่ 18 ตารางแสดงผลของค่าสีจากการวัดสีของย่านางผงด้วยระบบ Hunter

ผลิตภัณฑ์	L	a	b
ผง	59.20	-1.65	16.13
ละลายน้ำ	16.96	-0.19	1.81

หมายเหตุ เป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยค่าวัดสีของย่านางผง ชุดละ 3 ซ้ำ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 การศึกษากรรมวิธีที่เหมาะสมในการสกัดสีเขียวจากใบย่านางพบว่า การสกัดโดยเครื่องปั่นเป็นวิธีที่ดีที่สุด

5.2 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของใบย่านางสดและผลิตภัณฑ์ย่านางผงได้ค่าดังต่อไปนี้

5.2.1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบย่านาง เท่ากับ 6.9352 มิลลิกรัม/ลิตร เมื่อวิเคราะห์จากผลิตภัณฑ์ย่านางผงพบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ของย่านางผง เท่ากับ 3.2829 มิลลิกรัม/ลิตร

5.2.2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสารสกัดจากการสกัดโดยเครื่องปั่น เท่ากับ 5.5355 มิลลิกรัม/ลิตร

5.2.3 ปริมาณของแข็งของใบย่านาง เท่ากับ 1.8263 % เมื่อวิเคราะห์จากผลิตภัณฑ์ย่านางผงพบว่าปริมาณของแข็งของย่านางผง เท่ากับ 86.5993 %

5.2.4 ปริมาณความชื้นของใบย่านาง เท่ากับ 98.1737 % เมื่อวิเคราะห์จากผลิตภัณฑ์ย่านางผงพบว่าปริมาณความชื้นของย่านางผง เท่ากับ 13.4002 %

5.2.5 ค่าความเป็นกรดค้างของใบย่านาง เท่ากับ 6.00 เมื่อวิเคราะห์จากผลิตภัณฑ์ย่านางผงพบว่าค่าความเป็นกรดค้างของย่านางผง เท่ากับ 5.82

5.2.6 ค่าสีที่ได้จากการวัดสีด้วยระบบ Hunter ของใบย่านาง ได้ค่า $L = 15.92$ $a = -0.65$ $b = 0.62$ เมื่อวิเคราะห์จากผลิตภัณฑ์ย่านางผงพบว่า ค่าสีของใบย่านางผง ได้ค่า $L = 16.96$ $a = -0.19$ $b = 1.81$

5.3 จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับชูปหน่อไม้ที่ใช้สารสกัดจากใบย่านางต่อแป้งข้าวเหนียว 10 เท่า มากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- จินตนา เขมาวุฒม์. 2529. สีผสมอาหาร. อังโน เพชรรัตน์ เลิศอุสาทกุล และ วิลาวัลย์ สุนันทวดี
2532. ปัญหาพิเศษเรื่อง สีเจียวผสมอาหารจากใบผักตบชวา. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะ
เทคโนโลยีการเกษตร
- นรินาม. 2521. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; กรุงเทพฯ. หน้า 134
- ปิ่นทิพย์ ประไพวงษ์. 2530. การใช้แป้งข้าวเหนียวเป็นสารให้ความข้นหนืดในอาหารเด็กอ่อน.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ; กรุงเทพฯ. หน้า 17-21
- วันทนี สว่างอารมณ์. 2542. เอกสารคำสอนรายวิชาพืชเครื่องเทศและสมุนไพร. หน้า 247-248
- ศิวาพร ศิวเวชช. 2529. วัตถุดิบอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 89-91
- ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2519. ทฤษฎีอาหาร เล่ม 1. หน้า 152-159
- วิโรจน์ ณ ระนอง และ อัมมาร สยามวาลา. 2533. ประมวลความรู้เกี่ยวกับข้าว. กรุงเทพมหานคร:
สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. หน้า 436
- ประชา บุญญศิริกุล. 2519. อาหาร. หน้า 136
- วิทย์ เทียงบูรณธรรม. พจนานุกรมสมุนไพรไทย. หน้า 356, 660-661
- Amos, A. J., Kent-Jones, D.W. 1967. Modern Cereal Chemistry. London ; Food Trade Press
Ltd, ed V, pp. 13, 139-141
- Fennema,O.R. 1985. Food Chemistry. 2nd ed. Marcel Dekker Inc., New York
- Halick,J.V.,and Kelly,V.J. 1959. Ibid. 36:91
- Hanson, H. L. , Fletch, L.R. , Campbell, A.A. 1957. The time-Temperature Tolerance of Frozen
as Influenced by Composition and Storage Conditions. Food Technology. 11(6): 339-343
- Juliano,B.O.,et.al. 1964. Studies on the Physicochemical Properties of Rice. J. Agr. Food
Chem. 12(2):131-138
- Juliano,B.O. 1979. The Chemical Basis of Rice Grain Quality. In:Proc. Workshop on
Chemical Aspects of Rice Grain Quality. Pp. 69-90
- Kongseree,N. 1979. Quality Tests for Waxy (Glutinous) Rice. In:Proc. Wrokshop on
Chemical Aspects of Rice Grain Quality. Pp. 69-90. Philippines:Int. Rice Res. Inst.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

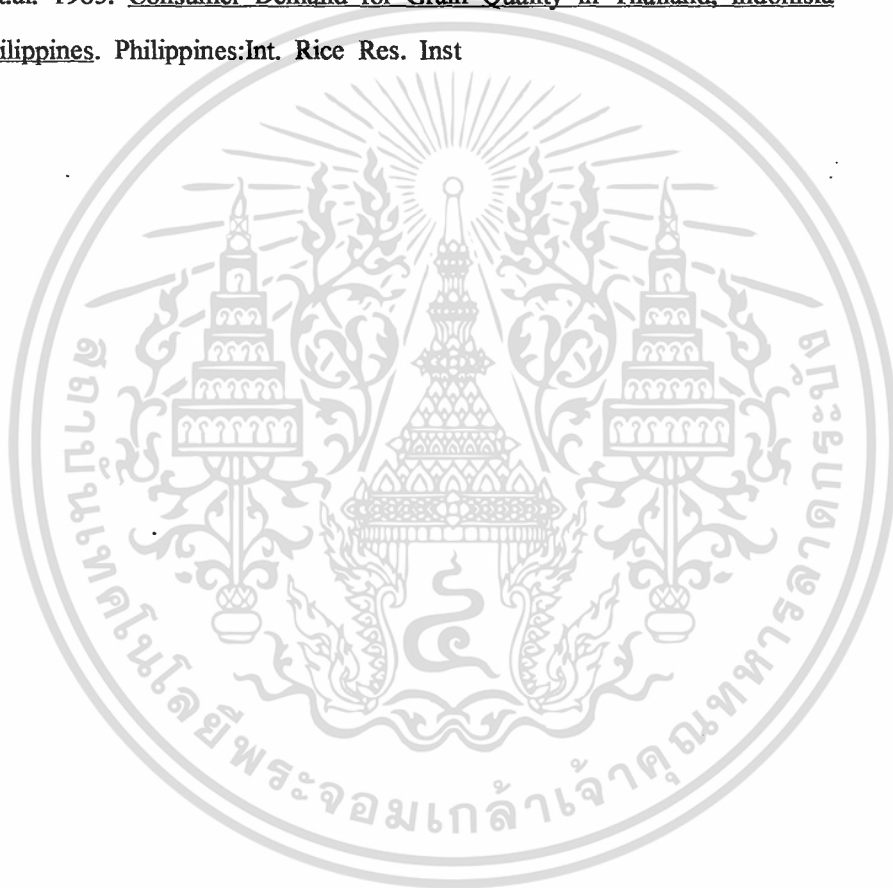
Macrae,R.,et.al. 1960. Encyclopeacia of Food Science Food Technology and Nutrition.

New York:Academic Press

Onate,L.U.,et.al. 1964. Relationship between Protein Content and Eating Quality of Milled Rice. Philipp. Agric. 47:441-444

Paschall, Engene F., Whisler, Roy L. 1965. Starch:Chemistry and technology. New York; Academic Press Inc. p.45

UnneveHr,L.J.,et.al. 1985. Consumer Demand for Grain Quality in Thailand, Indonisia and the Philippines. Philippines:Int. Rice Res. Inst



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสของย่านางผง

แบบ Hedonic Scale

ชื่อ วันที่

ข้อปฏิบัติในการทดลอง

1. ดูตัวอย่างจากซ้ายไปขวาตามลำดับที่เรียงไว้
2. ทดสอบคุณลักษณะของตัวอย่าง เปรียบเทียบกับทั้งหมดและพิจารณาว่าคุณลักษณะของตัวอย่างที่ต้องการเมื่อคุณได้แล้วให้คะแนนอย่างไร
3. การพิจารณาคะแนน ดี กลิ่น ความหนืด และความชอบโดยรวม แบ่งคะแนนตามความชอบออกเป็นดังนี้
 - 1 ไม่ชอบมาก
 - 2 ไม่ชอบ
 - 3 เฉยๆ
 - 4 ชอบ
 - 5 ชอบมาก

รสชาติ				
สี				
กลิ่น				
ความหนืด				
ความชอบโดยรวม				

หมายเหตุ เรียงลำดับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจากน้อย ไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ความหมายของค่าสีในระบบ Hunter

- L คือ ค่า Value ซึ่งแสดงถึงความสว่างของสี
มีค่า 0-100 ที่ 0 แสดงถึงสีดำ
100 แสดงถึงสีขาว
- a,b คือ ค่า Hue ซึ่งเป็นค่าที่บอกสีโดยแสดงในสองแกน
: a คือสีแดง-เขียว
: b คือสีเหลือง-น้ำเงิน



ภาคผนวก ก

การอ่านค่าสีจากเครื่อง Minolta Chromameter CR 300

ถ้าวัดสีของแอปเปิ้ลออกมาเป็นตัวเลขได้ค่าดังนี้ $L^* = 42.83$; $a^* = 45.05$; $b^* = 9.52$ อาจสรุปได้โดยทันทีเลยว่า สีแบ่งออกเป็น hue, value และ chroma ซึ่งต้องใช้วิธีการที่แม่นยำและถูกต้องในการวัดค่าสีเหล่านี้ เครื่อง Minolta Chromameter CR 200 สามารถตัดแปลงค่าสีทั้งหมดในพิสัยที่มนุษย์จะมองเห็น ได้ออกมาเป็นตัวเลขที่เราจะเข้าใจได้เป็นสากล

เมื่อสังเกตจากการวิเคราะห์ ซึ่งแสดงระบบค่าสี L^* a^* b^* โดย L^* คือ Value โดย a^* แทนแกนสีแดง-เขียว และ b^* แทนแกนสีเหลือง-น้ำเงิน

เมื่อวัดค่าสีได้ออกมาตามค่าข้างต้น เราสามารถบอกได้ว่าตัวเลขเหล่านั้นจะบอกอะไรกับเรา จุดตัดกันของค่า a^* และ b^* ได้จุด A เป็นจุดที่บอกสีของแอปเปิ้ลลูกนี้ ขณะเดียวกันมีค่า chroma และ value ดังนั้นจะได้ค่าของสีแอปเปิ้ลคือ vivid red purple

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบย่านาง

วิธีการปรับปรุงจาก Spectrophotometric Method (AOAC, 1995) มีขั้นตอนดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างแห้งละเอียด ด้วยเครื่องชั่งละเอียดประมาณ 2 กรัม ใส่โกร่ง
2. ใส่แคลเซียมคาร์บอเนต 0.1 กรัม พร้อมกับบดตัวอย่างให้ละเอียด
3. ค่อย ๆ เทสารละลายอะซิโตนลงไปสกัดจนกว่าจะสกัดสีเขียวออกจากใบให้หมด
4. กรองสารละลายที่ได้พร้อมกากด้วยวิธีการ suction ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42
5. เทสารละลายสีเขียวที่ได้ใส่ Volumetric flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยอะซิโตน
6. ใช้ปิเปตดูดสารละลายในข้อ 5 25 มิลลิลิตร ใส่กรวยแยกที่มีปิโตรเลียมอีเธอร์อยู่ 50 มิลลิลิตร
7. เติมน้ำประมาณ 10 มิลลิลิตร เขย่ากรวยแยก แล้วตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น
8. โขเอาสารละลายชั้นล่าง (ชั้นสารละลายอะซิโตนและน้ำ) เพื่อเก็บสกัดต่อ แล้วโขเอาสารละลายชั้นบน (ชั้นสารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์) ใส่ Volumetric flask 100 มิลลิลิตร
9. ใช้ปิเปตดูดปิโตรเลียมอีเธอร์ครั้งละ 5 มิลลิลิตร ใส่กรวยแยก แล้วนำสารละลายชั้นล่างในข้อ 8 มาสกัดต่ออีกโดยปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 7 และ 8 เรื่อยไปจนสารละลายชั้นล่างไม่มีสีเขียวหลงเหลืออยู่
10. ใส่โซเดียมซัลเฟต 1 ช้อนชา เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร คนให้ละลาย
11. เทสารละลายชั้นบนในข้อ 8 ลงไปในสารละลายโซเดียมซัลเฟตคนให้ผสมกันตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น
12. เทสารละลายชั้นบน (ชั้นสารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ที่แยกน้ำออกแล้ว) ใส่ Volumetric flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์
13. นำไปวัดค่า Absorption spectrum ที่ความยาวคลื่น 642.5 นาโนเมตร และ 660 นาโนเมตร แล้วคำนวณด้วยสูตร

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ของสารสกัดจากใบย่านาง

วิธีการปรับปรุงจาก Spectrophotometric Method เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 เรื่องการวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบย่านางสด เพียงแต่เปลี่ยนสารละลายที่ใช้สกัด จากอะซิโตน เป็น 95 เปอร์เซ็นต์ เอธิลแอลกอฮอล์

1. กรองสารละลายที่ได้พร้อมกากด้วยวิธีการ suction ผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42
2. เทสารละลายสีเขียวที่ได้ใส่ Volumetric flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วย 95 เปอร์เซ็นต์ เอธิลแอลกอฮอล์
3. ใช้ปิเปตดูดสารละลายในข้อ 2 25 มิลลิลิตร ใส่กรวยแยกที่มีปิโตรเลียมอีเธอร์อยู่ 50 มิลลิลิตร
4. เติมน้ำประมาณ 10 มิลลิลิตร เขย่ากรวยแยก แล้วตั้งทิ้งไว้ให้สารละลายแยกชั้น
5. โขเอาสารละลายชั้นล่าง (ชั้นสารละลายเอธิลแอลกอฮอล์และน้ำ) เพื่อเก็บสกัดต่อ แล้ว โขเอาสารละลายชั้นบน (ชั้นสารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์) ใส่ Volumetric flask 100 มล.
6. ใช้ปิเปตดูดปิโตรเลียมอีเธอร์ครั้งละ 5 มิลลิลิตร ใส่กรวยแยก แล้วนำสารละลายชั้นล่าง ในข้อ 5 มาสกัดต่ออีกโดยปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 4 และ 5 เรื่อยไปจนสารละลายชั้นล่าง ไม่มีสีเขียวหลงเหลืออยู่
7. ใส่โซเดียมซัลเฟต 1 ช้อนชา เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร คนให้ละลาย
8. เทสารละลายชั้นบนในข้อ 5 ลงไปในสารละลายโซเดียมซัลเฟตคนให้ผสมกัน ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้น
9. เทสารละลายชั้นบน (ชั้นสารละลายปิโตรเลียมอีเธอร์ที่แยกน้ำออกแล้ว) ใส่ Volumetric flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยปิโตรเลียมอีเธอร์
10. นำไปวัดค่า Absorbance spectrum ที่ความยาวคลื่น 642.5 นาโนเมตร และ 660 นาโนเมตร แล้วคำนวณด้วยสูตร

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

1. ชั่งน้ำหนัก aluminium can พร้อมฝาที่สะอาดและผ่านการอบแห้งมาก่อน
2. ใส่ตัวอย่าง 2-5 กรัม ปิดฝาแล้วนำไปชั่งด้วยตาชั่งละเอียด นำไปอบในตู้อบโดยเปิดฝา aluminium can ใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง
3. เมื่อครบกำหนดเวลาที่อบปิดฝา aluminium can นำมาทำให้เย็นใน desiccator ก่อนนำมาชั่งน้ำหนัก
4. นำไปอบต่อจนน้ำหนักคงที่หรือต่างกันประมาณ 0.003-0.005 กรัม
5. คำนวณเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด = $\frac{\text{น้ำหนักแห้ง} - \text{น้ำหนักอะลูมิเนียมเนียมแคน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$



ภาคผนวก ข

ตารางที่ 19 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านสีของย่านางผงที่อัตราส่วนต่างๆ

ผู้ทดสอบ	control	แป้ง 5 เท่า	แป้ง 10 เท่า	แป้ง 15 เท่า	แป้ง 20 เท่า
1	2.0	4.0	2.5	2.5	2.0
2	1.0	1.0	4.0	3.5	3.0
3	1.5	4.0	2.5	1.5	1.5
4	1.5	3.0	3.0	3.5	2.0
5	1.5	3.5	3.5	3.0	2.0
6	1.0	2.5	4.5	3.0	1.5
7	1.0	4.5	3.0	3.0	2.5
8	1.5	3.5	3.0	2.0	1.5
9	2.0	2.5	4.0	2.5	2.5
10	1.5	2.5	3.0	3.0	2.0
11	1.0	1.5	4.5	3.0	2.5
12	1.5	3.0	3.5	2.5	2.5
13	1.5	2.5	3.5	3.5	2.5
14	1.5	2.5	4.0	2.0	3.5
15	1.5	2.0	3.5	1.0	1.5
16	2.0	1.5	4.5	1.5	2.5
17	2.0	3.5	4.0	2.0	1.5
18	1.5	5.0	3.0	2.5	2.0
19	3.0	3.0	4.0	3.5	4.0
20	1.5	3.5	4.5	2.5	2.5
รวม	31.5	59.0	72.0	51.5	45.5
ค่าเฉลี่ย	1.6	3.0	3.6	2.6	2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของยานางผงที่อัตราส่วน
ต่างๆ

ผู้ทดสอบ	control	แป้ง 5 เท่า	แป้ง 10 เท่า	แป้ง 15 เท่า	แป้ง 20 เท่า
1	2.0	3.0	3.0	2.5	2.5
2	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5
3	1.0	2.5	3.5	2.0	2.0
4	2.0	2.5	2.5	2.5	2.5
5	1.5	2.5	3.0	2.5	2.5
6	2.5	3.0	3.0	2.5	3.0
7	1.5	3.5	3.0	3.0	1.5
8	1.5	2.0	2.0	2.0	2.5
9	2.0	4.0	3.5	3.0	3.0
10	3.5	3.0	3.0	2.5	2.5
11	2.0	3.5	3.5	2.5	2.0
12	1.5	4.0	3.5	3.5	3.5
13	3.0	2.5	3.0	2.0	2.0
14	2.5	3.0	4.0	2.0	3.0
15	2.0	3.0	3.5	2.0	2.0
16	2.0	1.5	4.5	3.0	2.0
17	3.0	3.0	3.0	2.5	2.5
18	3.0	2.5	3.0	2.5	2.0
19	3.0	3.5	4.0	3.0	3.5
20	1.0	3.0	3.0	2.5	2.5
รวม	42.5	58.0	64.5	50.0	49.5
ค่าเฉลี่ย	2.1	2.9	3.2	2.5	2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 21 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านความหนืดของย่านางผงที่อัตราส่วนต่างๆ

ผู้ทดสอบ	control	แป้ง 5 เท่า	แป้ง 10 เท่า	แป้ง 15 เท่า	แป้ง 20 เท่า
1	4.0	3.5	2.5	1.5	1.5
2	3.0	3.0	3.0	1.5	1.5
3	3.5	3.0	2.0	1.0	1.0
4	3.5	2.5	1.5	1.0	1.0
5	3.5	3.5	3.0	2.5	2.0
6	2.5	2.5	3.5	1.5	1.5
7	3.0	4.0	2.0	1.5	1.0
8	3.0	2.5	3.0	1.5	1.5
9	2.5	4.5	3.0	2.0	1.5
10	2.5	3.0	3.0	2.0	2.5
11	2.0	4.0	3.5	2.0	1.5
12	4.0	4.0	2.5	2.0	1.5
13	3.0	4.0	3.0	2.0	2.0
14	3.0	3.5	4.0	1.5	1.5
15	2.0	3.0	3.5	1.5	1.5
16	2.0	3.0	4.5	2.0	3.5
17	3.5	4.0	3.0	2.0	1.5
18	2.5	3.0	3.5	2.5	2.0
19	4.0	4.0	3.0	1.5	1.5
20	3.5	4.5	3.0	2.5	2.0
รวม	60.5	65.5	57.5	34.0	32.0
ค่าเฉลี่ย	3.0	3.3	2.9	1.7	1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22 แสดงผลคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านความชอบ โดยรวมของย่านางผง ที่อัตราส่วนต่างๆ

ผู้ทดสอบ	control	แป้ง 5 เท่า	แป้ง 10 เท่า	แป้ง 15 เท่า	แป้ง 20 เท่า
1	3.5	3.5	2.0	2.0	2.0
2	2.0	2.0	4.0	1.5	1.0
3	2.0	3.5	3.0	1.5	1.5
4	2.5	3.0	1.5	2.0	1.0
5	2.0	3.5	3.5	2.5	1.5
6	2.5	3.0	4.0	2.0	2.0
7	2.0	4.0	3.5	3.0	2.0
8	2.0	3.5	3.5	2.0	2.0
9	2.0	4.5	3.5	2.5	1.5
10	2.5	3.5	4.0	1.5	1.5
11	1.0	3.5	4.5	2.5	2.0
12	3.0	4.0	3.5	2.5	2.0
13	2.0	3.5	3.0	2.0	2.0
14	2.5	3.0	4.0	2.0	2.5
15	1.5	3.0	4.0	1.5	1.5
16	2.0	1.5	4.5	1.5	2.0
17	3.0	4.0	3.5	2.0	1.5
18	1.5	3.5	4.5	2.5	1.5
19	3.5	4.0	3.5	1.5	2.0
20	2.5	3.5	3.5	3.0	2.0
รวม	45.5	67.5	71.0	41.5	35.0
ค่าเฉลี่ย	2.3	3.4	3.6	2.1	1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกัญญา เจนบูรณะยนต์ เกิดเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2520 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย กรุงเทพฯ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) คณะเทคโนโลยีการเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นายวัชรพล พัฒนรัชต์ เกิดเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2519 ที่กรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนกุฎีทิพย์ จ.ภูเก็ต และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (อุตสาหกรรมเกษตร) คณะเทคโนโลยีการเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้