



รายงานการวิจัย

การผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

The Pigment Production from Natural Materials for Food Products

ผู้วิจัย

นายสุรวิทย์ นันทการรัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาณุภัทร ตางาม

นางสาวอัญญา ไทยบุญนาค

นายบุญชัย ต้วงสวัสดิ์

นางสาวสุวรรณา รุ่งเรือง

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2559

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

รายงานการวิจัย

การผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

The Pigment Production from Natural Materials for Food Products

ผู้วิจัย

นายสุรวิทย์ นันทการรัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาณุภัทร ตางาม

นางสาวอัญญา ไทยบุญนาค

นายบุญชัย ดั่งสวัสดิ์

นางสาวสุวรรณา รุ่งเรือง

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2559

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 ซึ่งสามารถสำเร็จได้ด้วยความร่วมมือจากคณะผู้วิจัย นักศึกษาปัจจุบันและนักศึกษาที่จบแล้วของสาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์ ที่ช่วยเหลือในขั้นตอนการทดลองและทดสอบในการวิจัย ขอขอบคุณสาขาวิชาเคมีที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการเคมี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.พลวัตร นิเวศสิทธิ์ ที่กรุณาเป็นนักวิจัยพี่เลี้ยงและให้คำแนะนำทางด้านขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย ตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่คณะผู้วิจัยไว้ ณ โอกาสนี้ คุณประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูตาแต่ มารดา บิดา บุรพจารย์ของคณะผู้วิจัย และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรวิทย์ นันทการัตน์ และ คณะผู้ร่วมวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ชื่อเรื่อง : การผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร
ชื่อผู้วิจัย : นายสุรวิทย์ นันทการัตน์ และ คณะผู้ร่วมวิจัย
ปี พ.ศ. : 2559

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการสกัดสารสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติและนำไปผลิตผงสีที่เหมาะสมสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมุ่งศึกษาเฉพาะการสกัดสีจากวัสดุธรรมชาติหรือผลผลิตทางการเกษตรที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีหลักที่ใช้ในระบบการพิมพ์ ได้แก่ สีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำ ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำไปใช้ของสารละลายสี โดยสังเกตจากค่าความแตกต่างสี (ΔE) ของสารละลายสีที่มีความใกล้เคียงกับค่าสีตามมาตรฐาน ISO 12647-6 และนำมาตรวจสอบสารตกค้างในผงสี

ผลการวิจัยพบว่า การสกัดสารสีด้วยวิธีการต้มวัสดุธรรมชาติในตัวทำละลายน้ำเป็นวิธีการสกัดสารสีที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้ และวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำ ที่มีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด ได้แก่ ดอกกระเจี๊ยบแดง ดอกคำฝอย ดอกอัญชันแห้ง และกาแฟผสมกับดอกอัญชันแห้ง ตามลำดับ และเมื่อนำสารสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติไปทำการผลิตเป็นผงสี พบว่า เมื่อเติมสารตัวพาจำพวกมอลโตเด็คซ์ทรินลงในสารสกัดสีก่อนการทำแห้ง ผงสีจะทำได้ปริมาณผงสีสีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำ เพิ่มขึ้นร้อยละ 71, 49, 15 และ 8 ตามลำดับ แต่ส่งผลให้มีค่าความแตกต่างสีเพิ่มขึ้น ยกเว้นสีน้ำเงินเขียวที่มีค่าความแตกต่างสีลดลง และจากการตรวจสอบปริมาณสารพิษตกค้างในผงสี พบว่า มีเฉพาะผงสีสีม่วงแดงและสีเหลือง ตรวจพบแคดเมียมตกค้างแต่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการผลิตผงสีเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร ดังนั้น ผงสีที่ผลิตได้จึงสามารถนำไปใช้เพื่อผลิตภัณฑ์อาหารได้

Title : The Pigment Production from Natural Materials
for Food Products
Author : Mr. Surawit Nantakarat, et al.
Year : 2016

Abstract

The objectives of this study were to explore the extraction method for the colorant from the natural materials and to produce the pigment for food product. This study aimed on the extraction of colorant from natural materials or agricultural products which have the same or similar colors that are used in printing system including magenta, yellow, cyan and black are suitable for food products. Finding the proportion of color solution by observation of the color difference (ΔE) of the pigment those were similar to the color standard in ISO 12647-6. And test the residue in the pigment from the process.

The results showed that Extraction of natural colorant by boiling in water as solvent extraction method most appropriate in this research. And natural material that gives colorant, magenta, yellow, cyan and black that had the color as same as the color standard is rosella, safflower, dry butterfly pea and coffee mixed with dry butterfly pea respectively. And the colorant made from natural materials, used to made the pigment. The result found, when mixed the maltodextrin in the color extraction before spray dryer, it increased the amount of pigment, increased by 71, 49, 15 and 8 percent, respectively. Finally, when have checked the Maximum Residue Limit; MRL in the pigment, it was found only in magenta and yellow powder. Cadmium residues were detected, however, it was in the range of the standards for pigment production for the food industry. So, the pigment from natural materials can use for food products.

คำนำ

รายงานการวิจัย เรื่อง การผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดสารสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติ ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และนำไปผลิตเป็นผงสีที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อเป็นนวัตกรรมและทางเลือกในการเก็บรักษา สารสกัดสีให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้ยาวนานกว่าการเก็บในรูปของสารละลายสี ที่เกิดการเสื่อมสภาพได้ง่ายหากมีการเก็บรักษาไม่ดีหรือมีการเก็บไว้เป็นระยะเวลายาวนาน

คณะผู้วิจัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้คงจะเป็นประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัย ผู้ผลิตผงสีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เกษตรกรผู้ผลิตวัสดุธรรมชาติที่ใช้ในการแปรรูปเป็นสารให้สีในงานวิจัยนี้ ตลอดจนนักศึกษาและผู้สำเร็จการศึกษาได้มีข้อมูล เพื่อเตรียมพร้อมที่จะเข้าสู่สถานประกอบการ นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานต่างๆ และผู้ที่สนใจ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เพราะสถาบันวิจัยและพัฒนา และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้โอกาสและสนับสนุนเงินทุนวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

สุรวิทย์ นันทการัตน์ และ คณะผู้ร่วมวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
คำนำ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 สมมติฐานของโครงการวิจัย	3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.6 นิยามศัพท์	3
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา	4
2 ทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 การสกัดสารจากวัสดุธรรมชาติ	5
2.2 วัสดุธรรมชาติที่นำมาสกัดสารสี	7
2.3 การทำแห้ง	16
2.4 ผงสี	22
2.5 สีผสมอาหาร	23
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
3 วิธีดำเนินการวิจัย	32
3.1 สารตัวอย่าง (พืชและสมุนไพร)	32
3.2 เครื่องมือและสารเคมี	33
3.3 วิธีดำเนินการ	34
4 ผลการทดลอง	36
4.1 สารสกัดสีม่วงแดง	36
4.2 สารสกัดสีเหลือง	37
4.3 สารสกัดสีน้ำเงินเขียว	37
4.4 สารสกัดสีดำ	38
4.5 การผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ	39

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่	
4.6 การตรวจสอบสารตกค้างในผงสี	44
5 สรุปผล อภิปรายผลโครงการวิจัย และข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผลการศึกษา	45
5.2 อภิปรายผลโครงการวิจัย	46
5.3 ข้อเสนอแนะ	48
บรรณานุกรม	49
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก.	54
ประวัติผู้เขียน	57

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเลือกเครื่องอบแห้ง	19
4.1 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีม่วงแดงที่สกัดด้วยน้ำหรือ แอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง	36
4.2 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีเหลืองที่สกัดด้วยน้ำหรือ แอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง	37
4.3 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียวที่สกัดด้วยน้ำ หรือแอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง	38
4.4 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำที่สกัดด้วยน้ำหรือ แอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง	38
4.5 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำที่สกัดจากกาแฟ และ หล่อฮังก้วย ผสมดอกอัญชันแห้งที่สกัดด้วยน้ำหรือแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 75:25 โดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง	39
4.6 แสดงปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีม่วงแดง	39
4.7 แสดงปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีเหลือง	40
4.8 แสดงปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียว	40
4.9 แสดงปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำ	40
4.10 แสดงปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากสารละลายสีที่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตริน	41
4.11 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากสารละลายสีที่ใส่และไม่ใส่ สารมอลโตเด็กซ์ตริน	41
4.12 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีม่วงแดง ที่ใส่และไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตรินโดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง	42
4.13 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีเหลือง ที่ใส่และไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตรินโดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง	42
4.14 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียว ที่ใส่และไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตรินโดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง	43
4.15 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำ ที่ใส่และไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตรินโดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง	43
4.16 แสดงปริมาณสารตกค้างในผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติ	44

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ดอกอัญชันสด	13
2.2 ดอกอัญชันแห้ง	13
2.3 หลั้วเฉือก้วย	15
2.4 หล่อฮั้งก้วย	17
2.5 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)	20
2.6 โครงสร้างเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)	21
3.1 พืชและสมุนไพรต่างๆ	32-33
6.1 สารสกัดสีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำสกัดด้วยน้ำ	55
6.2 ผงสีสีม่วงแดงจากดอกกระเจี๊ยบแดง	55
6.3 ผงสีสีเหลืองจากดอกคำฝอย	55
6.4 ผงสีสีน้ำเงินเขียวจากดอกอัญชันแห้ง	56
6.5 ผงสีสีน้ำเงินเขียวจากดอกอัญชันแห้ง	56
6.6 การทดสอบสีของผงสีสีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำ	56

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาโครงการ

สภาวะทางเศรษฐกิจในโลกปัจจุบัน มีความเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและตกต่ำอย่างรุนแรง ทำให้ประเทศไทยต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม ที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศเนื่องจากขาดกำลังซื้อจากประเทศแถบยุโรปและอเมริกา ทำให้มีผลกระทบต่อราคาพืชผลทางการเกษตรที่ตกต่ำลง ซึ่งจะเป็นทั้งโอกาสและอุปสรรคต่อการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะการปรับตัวเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนที่กำลังจะมาถึง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554, หน้า ญ-น) ดังนั้นเมื่อประเทศไทยไม่สามารถส่งออกพืชผลทางการเกษตรได้ดีดังเดิม จึงควรมีการหาทางแก้ไขปัญหที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจคือการนำผลิตผลทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น และยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กลับผลิตผลทางการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง

การแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรมีด้วยกันหลากหลายวิธี ทั้งการแปรรูปแบบภูมิปัญญาไทย เช่น การตากแห้ง การเชื่อม การแช่อิ่ม การกวน การอบ ฯลฯ ล้วนแล้วเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตผลทางการเกษตรแทบทั้งสิ้น กรรมวิธีที่แตกต่างกันสร้างผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายชนิด แต่ที่ตรงการกล่าวถึงในที่นี้คือการนำผลิตผลทางการเกษตรมาใช้ในการทำอาหารของคนไทย สืบเนื่องมาจากประเทศไทยมีวัฒนธรรมในการทำอาหารที่พิถีพิถัน ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนในการทำอาหารรสชาติของอาหาร กลิ่นของอาหาร รวมไปถึงหน้าตาและสีของอาหารก็ต้องนำรับประทาน ดังเช่นการนำดอกกระเจี๊ยบแดงมาใส่ในอาหารเพื่อเพิ่มสีส้มของอาหารต่างๆ เป็นต้น ซึ่งเราจะสังเกตเห็นว่าอาหารของคนโบราณจะไม่มีการใส่สีสังเคราะห์ลงไปในการอาหารเลย แต่จะได้สีจากวัสดุธรรมชาติที่นำมาใช้ประกอบอาหารมากกว่า

ในปัจจุบันนิยมเติมสีลงในอาหารด้วยสีผสมอาหารเป็นหลัก เพราะสามารถหาซื้อได้ง่าย มีราคาถูก และยังให้เลือกใช้งานทั้งแบบผงและแบบน้ำบรรจุขวด ซึ่งสามารถผสมลงไปในขั้นตอนของการประกอบอาหารได้ตามใจชอบ แต่สารสีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ผู้ผลิตไม่ได้ระบุว่ามีสีที่นำมาใช้ผลิตสารสีนั้นทำมาจากวัสดุชนิดใด เป็นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือสารสังเคราะห์ ส่วนใหญ่ผู้บริโภคจะทราบเพียงว่าเป็นผงสีที่สามารถรับประทานได้ แต่สามารถรับประทานได้อย่างปลอดภัยแค่ไหน ปริมาณเท่าใดไม่ได้ระบุ ซึ่งบางตัวยังเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอยู่และต้องใช้ในปริมาณที่ควบคุมเท่านั้น และอันตรายส่วนใหญ่เกิดจากสีสังเคราะห์ทางเคมีซึ่งผู้ผลิตบางคนมักใช้สีย้อมผ้า หรือสีย้อมกระดาษ ซึ่งมีโลหะหนักจำพวก ตะกั่ว ปรอท สารหนู สังกะสี โครเมียม ปะปนอยู่ซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย (สถาบันอาหาร, 2547, หน้า 31-32) ทำให้ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่า ในการผลิตผงสีจากธรรมชาติ นอกจากจะต้องเป็นสารสีที่มีสีใกล้เคียงกับแม่สีทางการพิมพ์คือ สี Cyan, Yellow, Magenta และ Black แล้ว ยังช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตผลทางการเกษตรที่ผลิตได้ในประเทศไทย ลดการนำเข้าสีสังเคราะห์จากต่างประเทศ ช่วยให้ผู้ผลิตอาหารมีความปลอดภัยทั้งต่อผู้ผลิต ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมมากกว่าการใช้สีสังเคราะห์ ด้วยเหตุผลดังกล่าวทางคณะผู้วิจัยจึงเห็นควรที่จะทำวิจัยในหัวข้อเรื่อง

การผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้าให้กับกลุ่มสินค้าเกษตร เพื่อผลิตสารสีที่มีความปลอดภัย และเพื่อยกระดับขีดความสามารถให้อุตสาหกรรมการบริการด้านการผลิตอาหารของประเทศได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสีจากวัสดุธรรมชาติ
2. เพื่อผลิตผงสีเป็นแม่สีหลักที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร
3. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของผงสีจากวัสดุธรรมชาติ
4. เพื่อตรวจสอบผลกระทบของผงสีจากวัสดุธรรมชาติที่มีผลต่อผู้บริโภค

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิธีการสกัดสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติเพื่อผลิตผงสีที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมีการกำหนดขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1.3.1 มุ่งศึกษาเฉพาะวิธีการสกัดสีจากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ อัญชัน กระเจี๊ยบ ดอกคำฝอย และกาแฟ เป็นต้น เพื่อให้ได้สารสีแม่สีหลัก จำนวน 4 สี ได้แก่ สีนํ้าเงินเขียว สีม่วงแดง สีเหลือง และสีดำ ที่มีความปลอดภัยเหมาะสมสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

1.3.2 การวิจัยนี้ใช้ประชากรในการวิจัยเฉพาะวัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตรที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีหลัก

1.3.3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

1.3.4.1 วัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตรที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีสีนํ้าเงินเขียว จำนวน อย่างน้อย 1 ชนิด

1.3.4.2 วัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตรที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีสีม่วงแดง จำนวน อย่างน้อย 1 ชนิด

1.3.4.3 วัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตรที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีสีเหลือง จำนวน อย่างน้อย 1 ชนิด

1.3.4.4 วัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตรที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีสีดำ จำนวน อย่างน้อย 1 ชนิด

1.3.4 ตัวแปรที่ศึกษา คือ

1.3.4.1 ตัวแปรต้น คือ

เวลาที่ใช้ในการสกัด และปริมาณวัสดุธรรมชาติ

1.3.4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1) สารสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติของแม่สีแต่ละสี

2) การสกัดสารสีจากวัสดุธรรมชาติของแม่สีแต่ละสี

3) ปริมาณสารสีที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติของแม่สีแต่ละสี

ผลิตภัณฑ์อาหาร หมายถึง การพัฒนา ปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงวัสดุต่างๆ ให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ที่เป็นปัจจัยหลักในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ซึ่งก็คือ ของรับประทานหรือเครื่องสำอางชีวิต เช่น อาหาร น้ำ นม น้ำมันพืช อาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันที เป็นต้น

วัสดุธรรมชาติ หมายถึง วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิมมากนัก แต่บางครั้งก็มีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพเดิมเพื่อจะเพิ่มคุณค่าทั้งในด้านความงามความคงทน สี สัน โดยในการนำมาใช้สามารถนำมาจากส่วนต่างๆ ของวัสดุธรรมชาติ เช่น เปลือก ผล เมล็ด ไม้ เปลือกหอย ฯลฯ เป็นต้น

สารให้สี หมายถึง สีที่ย้อมที่ได้จากการสกัดสีจากธรรมชาติ

แม่สีทางการพิมพ์ หมายถึง แม่สีที่ประกอบด้วย 4 สี คือ C M Y K โดยสี C ย่อมาจาก Cyan (สีฟ้าอมเขียว) สี M ย่อมาจาก Magenta (แดงม่วง) สี Y ย่อมาจาก Yellow (เหลือง) สี K ย่อมาจาก Key (ดำ)

ขั้นตอนการหยดสี หมายถึง การนำวัสดุธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการต้มระบบเปิดมาทดสอบลงบนกระดาษกรองสาร โดยวิธีการใช้หลอดหยดดูดสารและ หยดลงไปบนกระดาษกรองสาร 1 หยด เก็บผลการทดลองการหยดเพื่อตรวจสอบดูความชัดเจนของสีจากวัสดุธรรมชาติ

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

ผลของการศึกษานี้ จะทำให้ได้สารสีที่สามารถนำไปผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งจะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทางการเกษตร และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ดังนี้

1. ได้ข้อมูลที่ใช้เป็นแนวทางในการสกัดสารสีจากวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร
2. ได้แนวทางในการผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร
3. ทราบคุณสมบัติเบื้องต้นของผงสีจากวัสดุธรรมชาติ

บทที่ 2

ทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติเพื่อผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งผู้ศึกษาได้เรียงลำดับหัวข้อที่ศึกษาดังต่อไปนี้

3. การสกัดสารจากวัสดุธรรมชาติ
4. วัสดุธรรมชาติที่นำมาสกัดสารสี
5. การทำแห้ง
6. ผงสี
7. สีผสมอาหาร
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสกัดสารจากวัสดุธรรมชาติ

นุชลี คนหลัก และอริสรา มะตัง (2555 , หน้า 9-10) กล่าวว่า การสกัดเป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารอินทรีย์ออกจากสารผสม วิธีที่นิยมใช้ในการสกัดได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย และการกลั่นด้วยไอน้ำโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายต้องเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องละลายสารอินทรีย์ที่ต้องการสกัดได้ดี และไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกับสารละลายของของผสม โดยการเลือกตัวทำละลายมีกฎว่าสิ่งที่เหมือนกันย่อมละลายในกันและกัน (Like dissolve like) คือสารที่มีขั้วจะละลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว และสารที่ไม่มีขั้วก็จะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายนี้มักใช้ในการสกัดสารสำคัญจากพืชเพราะสามารถทำได้ง่าย และสะดวกแต่มีข้อเสียตรงที่ต้องใช้เวลานาน และใช้ตัวทำละลายในปริมาณมากทำให้สิ้นเปลือง และตัวทำละลายที่ใช้มักมีพิษซึ่งเมื่อสะสมอยู่เป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดโทษแก่ร่างกายได้ตัวอย่างเช่น เมทานอล ถ้าได้รับเข้าสู่ร่างกายติดต่อกันเป็นระยะเวลาสั้นๆ อาจทำให้ตาบอดได้หรือพวกตัวทำละลายต่างๆ เช่น คลอโรฟอร์ม (Chloroform) และเฮกเซน (Hexane) ที่มีฤทธิ์เป็นสารก่อมะเร็ง เป็นต้น ดังนั้นเมื่อทำการสกัดสารด้วยตัวทำละลายเหล่านี้แล้วควรมีการระเหยตัวทำละลายนี้ออกให้หมดจากสารสกัดก่อนนำไปใช้

การสกัดสารสำคัญจากพืช เป็นเทคนิคที่ใช้ในการสกัดเพื่อแยกเอาสารสำคัญต่างๆ ที่อยู่ในพืชมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีเพื่อให้เหมาะสมกับตัวอย่างหรือสารที่เราต้องการแยกออกจากพืชดังกล่าวมีวิธีการโดยสังเขปดังต่อไปนี้

1) การหมัก (Maceration) เป็นการสกัดพืชสดหรือสดแห้งที่ผ่านการบดแล้วด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมในภาชนะปิดโดยมีการเขย่าเป็นครั้งคราวที่อุณหภูมิห้องจนแน่ใจว่าสารสำคัญถูกละลายออกจนหมด

2) การย่อยสลาย (Digestion) เป็นการสกัดด้วยการหมักที่อุณหภูมิประมาณ 40-60 องศาเซลเซียส

3) เปรอร์โคเลชันในการแช่ในคอลัมน์ (Percolation) เป็นการสกัดแบบต่อเนื่องต้องใช้ Percolator (อาจเป็นแก้วหรือโลหะ) บดพืชที่จะหมักให้ละเอียด ทำการหมักให้พองตัวจากนั้นบรรจุผงพืชลงใน Percolator ใส่ตัวทำละลายลงไปให้ท่วมพืชไขท่ด้านล่างให้สารสกัดออกมา

4) การสกัดด้วย Soxhlet Extractor เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำละลาย ซึ่งมีจุดเดือดต่ำทำในเครื่องมือที่เรียกว่า Soxhlet apparatus การสกัดทำได้โดยใช้ความร้อนทำให้ตัวทำละลายระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวกลับลงมาอีกลงไปเรื่อยๆจนการสกัดสมบูรณ์

5) การต้ม (Decoctions) เป็นการสกัดสารสำคัญซึ่งละลายน้ำ และทนต่อความร้อน สารสกัดโดยวิธีนี้ควรมีการเติมสารกันเสียหรือแช่แข็งเพื่อป้องกันจุลินทรีย์ สารสกัดชนิดนี้มีอายุสั้น ควรเตรียมเพื่อใช้ใหม่ๆ

6) การชง (Infusions) วิธีนี้ใช้สกัดสารที่ละลายน้ำได้โดยแช่พืชไว้ประมาณ 15 นาที จากนั้นปิดฝาทิ้งไว้ต่ออีก 30 นาที จึงนำมาใช้

7) การกลั่น (Distillation) เป็นการแยกสารละลายที่เป็นของเหลวออกจากของผสม โดยอาศัยหลักการระเหยกลายเป็นไอ และควบแน่น โดยที่สารบริสุทธิ์แต่ละชนิดเปลี่ยนสถานะได้ที่ อุณหภูมิจำเพาะ สารที่จุดเดือดต่ำจะเดือดเป็นไอออกมาก่อน เมื่อทำให้อไอของสารมีอุณหภูมิต่ำลงจะ ควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดเพราะทำง่าย ประหยัด

8) Liquid – liquid extractor เป็นการสกัดสารจากสารละลายซึ่งเป็นของเหลวลงใน ตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งซึ่งไม่ผสมกับตัวทำละลายชนิดแรก

วิธีในการสกัดสารละลายสีจากวัสดุธรรมชาติ นิยมใช้การสกัดด้วยตัวทำละลาย ซึ่งสามารถ แยกสารสีออกมาได้และเหมาะกับการนำไปใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมีเทคนิควิธีการดังนี้

2.1.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction)

การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเทคนิคการแยกสารที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ใช้แยกของผสมเนื้อเดียวทั้งที่เป็นของแข็ง-ของแข็ง หรือ ของเหลว-ของเหลว ออกจากกันได้ ทั้งนี้อาศัยสมบัติ ของการละลายของสารแต่ละชนิด

หลักการสำคัญ เนื่องจากการสกัดด้วยตัวทำละลาย อาศัยการละลายของสารเป็นส่วน ใหญ่ ดังนั้นหลักการสำคัญจึงขึ้นอยู่กับ การเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถสกัดสารที่ ต้องการได้มากๆ ทั้งนี้เพราะสารแต่ละชนิดมักจะละลายในตัวทำละลายต่างชนิดได้ในปริมาณที่ แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ในขิงจะมีทั้งสารที่มีสี และสารที่ไม่มีสี ซึ่งสารที่มีสีละลายในเอธานอลได้ ดีกว่าในน้ำ ในขณะที่สารที่ไม่มีสีละลายในน้ำได้ดีกว่าในเอธานอล ดังนั้นถ้าต้องการสกัดสารที่มีสี จากขิง ควรใช้เอธานอลเป็นตัวทำละลาย และถ้าต้องการสกัดสารที่ไม่มีสี ควรใช้น้ำเป็นตัวทำ ละลาย เป็นต้น

โดยทั่วไป ตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับการสกัด ควรมีสมบัติดังนี้

- 1) ต้องละลายสารที่ต้องการจะแยกได้เป็นอย่างดี
- 2) ไม่ละลายสิ่งเจือปนหรือสารอื่นๆ ที่ไม่ต้องการ (หรือละลายได้น้อยมาก)
- 3) ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด
- 4) ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับสารละลายของของผสม

5) ควรจะแยกออกจากสารละลายได้ง่าย สามารถทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย เพื่อจะได้นำกลับไปใช้ใหม่ได้อีก

6) ควรจะมีราคาถูก และหาง่าย

ตัวทำละลายที่ใช้กันมากได้แก่ น้ำอีเธอร์ คลอโรฟอร์ม เบนซีน ปีโตรเลียมอีเธอร์ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ และอะซิโตน เป็นต้น

การสกัดด้วยตัวทำละลายใช้กันมากในด้านอินทรีย์เคมี ใช้แยกผลิตภัณฑ์ที่ผสมกันอยู่ตามธรรมชาติ และเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม เช่น การสกัดน้ำมันพืชจากรำข้าว ข้าวโพด เมล็ดนุ่น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง เมล็ดบัว เมล็ดทานตะวัน และปาล์ม เป็นต้น โดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย เมื่อใช้เฮกเซนสกัดน้ำมันออกจากพืชแล้ว ต้องกรองแยกเอาสารละลายที่ได้ไปกลั่นเพื่อแยกเฮกเซนออก หลังจากนั้นจึงนำน้ำมันพืชที่ได้ไปผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อกำจัดสี กลิ่น และสารพิษออก จนได้น้ำมันพืชที่บริสุทธิ์

ในกรณีของผสมเป็นของเหลวกับของเหลว หรือ เป็นสารละลายเนื้อเดียว ให้สกัดด้วยตัวทำละลายในกรวยแยก โดยนำสารละลายใส่ลงในกรวยแยก แล้วเติมตัวทำละลายที่เหมาะสมลงไป เขย่าสารละลายในกรวยแยก จนตัวทำละลายสกัดสารได้ตามต้องการแล้วปล่อยให้สารละลายแยกเป็น 2 ชั้น แล้วไขสารละลายออกมาเฉพาะส่วนที่มีสารที่ต้องการ ให้นำไปกลั่นแยกตัวทำละลายออกไป จะได้ของเหลวตามที่ต้องการ ปกติการสกัดด้วยตัวทำละลายถ้าใช้ตัวทำละลายครั้งละน้อยๆ แต่หลายๆ ครั้งจะสกัดสารได้ดีกว่าการใช้ตัวทำละลายมากๆ แล้วสกัดสารครั้งเดียว ตัวอย่างเช่น ต้องการแยกของผสมระหว่างเบนซีนกับเอธานอล ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายเนื่องจากน้ำละลายเอธานอลได้ แต่ไม่ละลายเบนซีน ทำให้สารละลายแยกเป็น 2 ชั้น ชั้นบนเป็นเบนซีน ส่วนชั้นล่างเป็นเอธานอลในน้ำ หลังจากแยกสารละลายทั้ง 2 ชั้นออกจากกันแล้ว นำสารละลายชั้นน้ำ ไปทำให้ได้เอธานอลที่บริสุทธิ์ต่อไปโดยการกลั่น เป็นต้น (วสันต์ รัตนประสาท. 2549: 17)

2.2 วัสดุธรรมชาติที่นำมาสกัดสารสี

การวิจัยนี้ได้ทำการสกัดสารสีจากวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสี สีม่วงแดง สีเหลือง สีส้มเงินเขียว และสีดำ ที่สัมพันธ์กับแม่สีหลักของระบบแม่สีทางการพิมพ์ ซึ่งจากการค้นคว้าพบว่าวัสดุธรรมชาติที่มีสีสันทันใกล้เคียงกับแม่สีดังกล่าวอยู่มากมายแต่จะเน้นเฉพาะวัสดุธรรมชาติที่หาได้ในประเทศโดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับชื่อทางวิทยาศาสตร์ ชื่อเรียกในแต่ละท้องถิ่น และลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ที่แสดงไว้ดังนี้

2.2.1 วัสดุธรรมชาติที่นำมาสกัดสีม่วงแดง (Magenta)

2.2.1.1 กระเจี๊ยบแดง ชื่อสามัญ Roselle ชื่อวิทยาศาสตร์ *Hibiscus sabdariffa* Linn. ชื่ออื่น ภาคกลางเรียกว่า กระเจี๊ยบ กระเจี๊ยบเปรี้ยว ภาคใต้เรียกว่า ผักแก้งเค้ง ส้มแก้งเค้ง ภาคเหนือเรียกว่า ส้มตะเลงแครง ส้มปู ส้มพอเหมาะ ภาคอีสานเรียกว่า ส้มพอดี เชียงใหม่เรียกว่า แกงแดง ระนองเรียกว่า ใบส้มม่า ถิ่นกำเนิด ประเทศอินเดีย และมาเลเซีย

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ กระเจี๊ยบเป็นพืชล้มลุกทรงพุ่ม อายุ 1 ปี สูงประมาณ 1-2 เมตร ลำต้นตั้งตรง ผิวเรียบ สีแดงอมม่วง กิ่งก้านสีม่วงแดง ใบเป็นใบเดี่ยวรูปรีแหลม

ขอบใบเรียบเป็นมัน บ้างก็หยักเว้าลึก 3-5 หยัก ขนาดใบกว้าง และยาวใกล้เคียงกัน ดอกเดี่ยวออกที่ซอกใบใกล้ดอกสีชมพูหรือเหลือง กลางดอกเป็นสีแดงเลือดนก เมื่อแก่เต็มที่จะติดกัน ผลรูปร่างรี ปลายผลยาวแหลม มีก้านเลี้ยงสีแดงห่อหุ้ม ภายในผลมีเมล็ดสีดำเป็นจำนวนมาก ฤดูกาลยอดอ่อนออกในช่วงฤดูฝน ส่วนดอกออกในช่วงเดือนตุลาคม แหล่งปลูก พบได้ทั่วไปทุกภาคของประเทศไทย ปลูกมากที่ จังหวัดสระบุรี

สรรพคุณ การกิน ผลอ่อน และยอดอ่อนนำมาต้มเป็นผักจิ้มน้ำพริก ยอดอ่อนและใบอ่อนมีเปรี้ยว นำไปแกงส้ม กลิบริงดอก และก้านเลี้ยงนำไปต้มน้ำตาลเป็นน้ำกระเจียบ ทำแยม เยลลี่ และแต่งสีอาหาร สรรพคุณทางยา ใบ และยอด ช่วยละลายเสมหะ ขับปัสสาวะช่วยย่อยอาหาร เป็นยาระบาย ใช้บำรุงธาตุ นำมาตำพอกฝี และต้มน้ำมาล้างแผล ก้านเลี้ยงช่วยขับปัสสาวะ ป้องกันการจับตัวของไขมันในเส้นเลือด ลดไข้ ไอ แก้กามโรค การกรวยน้ำ ทำให้สดชื่น (นิตดา หงส์วิวัฒน์ และคณะ. 2553: 18)

2.2.1.2 ผาง ชื่อสามัญ Sappan Tree ชื่อวิทยาศาสตร์ *Caesalpinia sappan* (L.) ชื่อวงศ์ LEGUMINOSAE-CAESALPINIOIDEAE ชื่ออื่น ก้าย (กะเหรี่ยง-กาญจนบุรี) ผาง (ทั่วไป) ผางส้ม (กาญจนบุรี)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ไม้พุ่มแตกกิ่งที่โคน สูง 5-8 เมตร ลำต้นมีหนามโค้งสั้น ๆ และแข็งทั่วทุกส่วน ใบ เป็นใบประกอบแบบขนนกสองชั้น เรียงสลับกัน ใบย่อยรูปไข่หรือรูปขอบขนานกว้าง 0.6-0.8 เซนติเมตร ยาว 1.5-1.8 เซนติเมตร โคนใบเฉียง ดอก ช่อ ออกที่ซอกใบตอนปลายกิ่ง และที่ปลายกิ่ง กลิบริงดอกมี 5 กลีบ ขอบกลีบเกยซ้อนกัน กลีบล่างสุดโค้งงอ และใหญ่กว่ากลีบอื่น กลีบดอกสีเหลือง มี 5 กลีบ เกสรตัวผู้มี 10 อัน แยกเป็นอิสระ ผล เป็นฝักแบนแข็งเป็นจางงอยแหลม เปลือกเป็นสันมน ปลายแหลม มีเมล็ดเป็นรูปรี 2-4 เมล็ด ส่วนที่ใช้ แก่นของไม้มีสีแดง มีวัตถุไม่มีสี Haematoxylin อยู่ 10% วัตถุนี้เมื่อถูกอากาศ อาจจะกลายเป็นสีแดง มีแทนนิน เรซิน และน้ำมันระเหยชนิดน้อย

สรรพคุณ ทางยารสขื่นขมหวาน ผาด รับประทานเป็นยาบำรุงโลหิตสตรี ขับประจำเดือน แก้ปวดพิการ ขับหนอง ทำโลหิตให้เย็น รับประทานแก้ท้องร่วง แก้ธาตุพิการ แก้ก้อน แก่โลหิตออกทางทวารหนัก และเบา, รักษา น้ำกัดเท้า แก้คุดทะราด แก้เสมหะ แก้โลหิต แก้เลือดกำเดา , น้ำมันระเหย เป็นยาสมานอย่างอ่อน แก้ท้องเดิน วิธ และปริมาณที่ใช้ แต่งสี ย้อมสี นำแก่น ผางเสนหรือผางส้ม มาแช่น้ำหรือต้มเคี่ยวจะได้สีชมพูเข้ม(Sappaned) นำมาใช้ตามต้องการ เป็นยาขับประจำเดือน ใช้แก่น 5-15 กรัม หรือ 5-8 ชิ้น ต้มกับน้ำ 2 ถ้วยแก้ว เติมน้ำมันมะพร้าวที่ติดรอกอยู่ (แกะเมล็ดออกแล้ว) ประมาณ 4-5 ฝัก เคี่ยวให้เหลือ 1 แก้ว รับประทาน เช้า-เย็นเป็นยารักษา น้ำกัดเท้า ใช้แก่น 2 ชิ้น ผนแก่นผางกับน้ำปูนให้ข้นๆ ทาบริเวณที่น้ำกัดเท้า ในแก่นผางมีตัวยาผาดสมานแก้ท้องร่วง ท้องเดิน ใช้แก่น หนัก 3-9 กรัม 4-6 ชิ้น ต้มกับน้ำ 2 ถ้วยแก้ว เคี่ยวให้เหลือ 1 ถ้วยแก้ว รับประทานครั้งละครึ่งถ้วยแก้ว หรือใช้ผาง 1 ส่วน น้ำ 20 ส่วน ต้มเคี่ยว 15 นาที รับประทาน ครั้งละ 2-4 ช้อนโต๊ะ หรือ 4-8 ช้อนแกง (ศิริพันธ์ุ รัตรปฏิพันธ์ุ. 2552)

2.2.1.3 หมากเฒ่า ชื่อสามัญ Thai blueberry ชื่อวิทยาศาสตร์ *Antidesma thwaitesianum* ชื่อวงศ์ Stilaginaceae ชื่ออื่น เฒ่าหลวง, มะเฒ่า, มัดเซ, เฒ่าเลี้ยง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นไม้ผลยืนต้นไม่ผลัดใบ สายพันธุ์เบอร์รี่ สูง 5-10 เมตร ออกดอกเป็นช่อที่ปลายยอดกิ่ง ช่อดอกคล้ายช่อพริกไทย ดอกจะแยกเพศต่างต้น ออกดอกปีละ 1 ครั้งในเดือนมีนาคม-พฤษภาคม ใบเป็นใบเดี่ยวสีเขียวเข้ม มีการเรียงตัวแบบสลับเป็นไม้พื้นเมืองเนื้อแข็ง แตกกิ่งก้านเป็นจำนวนมาก กิ่งแขนงแตกเป็นพุ่มทรงกลม มีอยู่ในป่าตามธรรมชาติในเขตพื้นที่ต่างๆในประเทศไทย โดยจะมีความแตกต่างที่สังเกตได้ คือ ขนาดของผล ผลหมากเม่าจัดเป็นไม้ผลชนิดฉ่ำน้ำ ขนาดผลรูปวงรี กว้าง 0.7-1.0 เซนติเมตร ยาว 0.8-1.3 เซนติเมตร ก้านผลยาว 0.3-0.5 เซนติเมตร ผลอ่อนมีสีเขียว หรือ สีขาวนวล ผลเริ่มแก่มีสีแดง ผลสุกมีสีดำ ผลดิบมีรสเปรี้ยว ผลสุกมีรสหวานอมเปรี้ยว และฝาด ลักษณะของช่อผลจะยาวหรือสั้น ผลดก ลูกเล็ก หรือ ลูกใหญ่ ผลมีรสหวาน รสฝาด หรือ เปรี้ยว ขึ้นอยู่กับลักษณะของสายพันธุ์ต้นหมากเม่าของแต่ละต้น ผลเมื่อสุกแก่เต็มที่จะลืตสีน้ำตาล โดยเม่าจะมีมากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในหลายจังหวัดแต่จะมีมากและเป็นพันธุ์ที่มีขนาดผลใหญ่กว่าปกติ ซึ่งเรียกกันในท้องถิ่นว่า เม่าหลวง (จำเนียร. 2554: ออนไลน์)

สรรพคุณทางยา ผลมะเม่าสุกมีปริมาณสารอาหาร วิตามิน กรดอินทรีย์ และกรดอะมิโนที่จำเป็นหลายชนิด และเมื่อนำผลมะเม่าสุกมาทำการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระจำพวกสารแอนโทไซยานินและสารกลุ่มโพลีฟีนอล พบว่า น้ำมะเม่า 100 กรัม มีสารแอนโทไซยานิน 299.9 มิลลิกรัม และสารโพลีฟีนอล 566 มิลลิกรัม ซึ่งมีส่วนช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง ช่วยขจัดสารพิษออกจากร่างกาย ชะลอความแก่ชรา ลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดอุดตันในสมอง และช่วยยับยั้งไม่ให้ผนังหลอดเลือดเสื่อมหรือเปราะง่ายอีกด้วย (จิรายุ มุสิกกา. 2556)

2.2.1.4 กะหล่ำปลีม่วง ชื่อสามัญ Red Cabbage ชื่อวิทยาศาสตร์ *Brassica oleracea* Linn

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ฝักรูปทรงกลมจากใบที่อัดแน่นลักษณะเป็นหัว มีทั้งสีเขียว สีขาว และสีม่วงตามสายพันธุ์ มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบเมดิเตอร์เรเนียน ต่อมาแพร่กระจายไปทั่วโลก

สรรพคุณทางยา ป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน สารซัลเฟอร์ (Sulfur) ช่วยกระตุ้น การทำงานของลำไส้ใหญ่ และต้านสารก่อมะเร็งที่เข้าสู่ร่างกาย ถ้ากินบ่อยๆ จะช่วยลดโอกาสการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่มะเร็งในช่องท้อง ลดระดับโคเลสเตอรอล ช่วยระบบประสาท ทำให้นอนหลับน้ำกะหล่ำปลีม่วงคั้นสดๆ ช่วยรักษาโรคกระเพาะอาหาร แต่ไม่ควรกินกะหล่ำปลีสดๆ วันละ 1-2 กิโลกรัม เนื่องจากมีสารกอยโตรเจน (Goitrogen) สูง ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของต่อมไทรอยด์ทำให้ร่างกายนำไอโอดีนในเลือดไปใช้ได้น้อยลง แต่ถ้าทำให้สุกแล้วสารกอยโตรเจนนี้จะหายไป (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ. ม.ป.ป.: ออนไลน์)

2.2.1.5 ถั่วดำ ชื่อสามัญ Vigna mungo, Black gram ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phaseolus mungo* (L.) ชื่อวงศ์ Leguminosae มีชื่อท้องถิ่นอื่น ๆ ว่า ถั่วนา ถั่วไร่ ถั่วมะแป ถั่วซัง มะถิม ถั่วเขียวผิวดำ ถั่วแขก เป็นต้น เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นตั้งตรงเป็นพุ่ม บางสายพันธุ์มีลำต้นแบบกึ่งเลื้อย ส่วนของลำต้นที่อยู่เหนือใบเลี้ยงจะค่อนข้างเป็นเหลี่ยม และมีขนปกคลุมอยู่ทั่วไป ดอกเป็นช่อสีเหลือง มีก้านดอกยาวและดอกเกิดเป็นกลุ่มที่ปลาย โดยดอกจะเกิดตามมุมใบ ฝักแห้งแตก มีลักษณะ

เป็นทรงกระบอกยาว ฝักสั้นตรง เมื่อแก่อาจมีสีขาวนวล น้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลเข้ม หรือสีดำ เมล็ดมีสีดำและดำน มีสารพวกแอนโทไซยานิน ใช้แต่งสีขนม โดยต้มเคี่ยวกับน้ำหรือบดผสมกับแป้ง (วันดี กฤษณพันธุ์. 2535)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ไม้ต้นขนาดเล็กถึงขนาดกลาง สูง 10-20 เมตร พุ่มน้อย ผิวเปลือกบริเวณโคนต้นมีจุดสีขาว ทรงพุ่มแคบกลมเป็นรูปปิรามิด สีเขียวอมเหลือง มีรากลายใจเหนือผิวดิน เปลือกต้นสีเทา หรือสีน้ำตาลเข้ม เรียบถึงแตกเป็นเกล็ดมีช่องอากาศเล็กๆ ใบ ออกกระจุกที่ปลายกิ่งเรียงตรงข้ามสลับทิศทางแผ่นใบรูปรี ขนาด กว้าง 3-5 เซนติเมตร ยาว 7-15 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบรูปกลม แผ่นใบมีสีเหลืองอมเขียว ลักษณะเกลี้ยงทั้งสองด้าน เส้นใบบางมี 7 คู่ สามารถมองเห็นทั้งสองด้าน ก้านใบยาว 1.5-2 เซนติเมตร หูใบยาว 3-6 เซนติเมตร สีเหลืองอมเขียว ดอก สีเหลืองอมเขียว ออกเป็นช่อกระจุกที่ง่ามใบ ช่อละ 3-7 ดอก ก้านช่อดอกยาว 1.8-2.2 เซนติเมตร ก้านดอกย่อยยาว 0.6-1.5 เซนติเมตร วงกลีบเลี้ยง เป็นหลอดยาว 0.7-0.9 เซนติเมตรสีเหลืองอมเขียวมีสันปลายแยกเป็นแฉก 8 แฉก กลีบดอก 8 กลีบ รูปขอบขนาน ยาว 0.1-0.2 เซนติเมตร ขอบกลีบมีขน ปลายกลีบมีขนแข็ง 3 เส้นผล แบบงอกตั้งแต่ยังติดอยู่บนต้นรูปทรงกระบอกยาว 1.3-2.6 เซนติเมตร กลีบเลี้ยงหุ้มผลตรงลำต้นใต้ใบเลี้ยง หรือฝัก รูปทรงกระบอกเรียงตรงกว้าง 0.3-0.6 ซม ยาว .8-1.8 เซนติเมตร ผลอ่อนสีเขียว และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเขียวเมื่อแก่ ออกดอกและติดผลเกือบตลอดปี (ไทยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป.: ออนไลน์)

สรรพคุณทางยา มีรสหวาน บำรุงเลือด ขับของเหลวในร่างกาย ขับลม ขจัดพิษ บำรุงไต ขับเหงื่อ แก้อ่อนใน บำรุงสายตา เหมาะสำหรับผู้ที่มีการบวม น้ำ เหน็บชา ตีชาน ไตเสื่อม ปวดเอว มีโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต แคลโรทีน ไนอะซิน วิตามินบี 1 และบี 2 และสารที่ช่วยบรรเทาอาการปวดลำไส้เล็ก (วันดี กฤษณพันธุ์. 2535: ออนไลน์)

2.2.2 วัสดูธรรมชาตินำมาสกัดสีเหลือง (Yellow)

2.2.2.1 ดาวเรือง ชื่อสามัญ Marigold ชื่อวิทยาศาสตร์ *Tagetes erecta* (L.) ชื่อวงศ์ Asteraceae มีชื่อตามภาษาท้องถิ่นว่า คำปู้จู้ (ภาคเหนือ) นิยมปลูกตัดดอก เป็นดาวเรืองในกลุ่ม African หรือ American marigold เป็นพันธุ์ดอกใหญ่ พันธุ์ที่ใช้เป็นการค้าในประเทศไทยได้แก่พันธุ์ ซอเวอร์เรน (Soverign) นอกจากนี้ยังมีสายพันธุ์ใหม่ๆที่นำเข้ามาได้แก่ พันธุ์จาไมกา (Jamaica) และอื่นๆ อีกหลายพันธุ์ ดาวเรืองขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดเป็นหลัก อาจใช้การปักชำได้ แต่ต้นที่ได้จะให้ดอกที่มีขนาดเล็กกว่า

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ลำต้น ดาวเรืองเป็นไม้ล้มลุก อายุไม่ถึง 1 ปี ลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน ตั้งตรง แตกกิ่งเป็นทรงพุ่มแน่น ลำต้นมีความสูงตั้งแต่ 30-100 เซนติเมตร ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบคล้ายขนนก ปลายคี่ (Odd-Pinnate) เรียงตัวตรงกันข้าม ใบยาว 4-11 เซนติเมตร ใบมีรอยเว้าลึกถึงก้านใบ ใบย่อยมีลักษณะเรียวยาวเป็นรูปหอก ปลายแหลม เป็นไม้เนื้ออ่อน ออกดอกเป็นช่อ กระจุกแน่นเป็นกลุ่มเดียวที่ก้านดอก ก้านดอกแข็งแรง ก้านดอกที่ติดกับดอกมีขนาดใหญ่กว่าก้านดอกบริเวณโคนก้าน ดอกมีสีเหลือง หรือ ออกสีเหลืองส้ม ดอกมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-4 เซนติเมตร ยาว 2.5-3.5 เซนติเมตร ประกอบด้วยกลีบดอกชั้นนอก (Ray Floret) ที่เป็นดอกเพศเมีย และกลีบดอกชั้นใน (Disc Floret) กลีบดอกชั้นในเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect Flower) คล้ายกระดิ่งหรือท่อ การออกดอกมักออกดอกในฤดูหนาว เมล็ดมีลักษณะ

เรียวยาว และมีหางเมล็ดมีขนาด เมล็ดค่อนข้างใหญ่เมื่อเทียบกับเมล็ดไม้ดอกชนิดอื่น (นางเยาว์ วงศ์ พุฒิ. 2544)

2.2.2.2 ดอกคำฝอย ชื่อสามัญ Safflower, False Saffron, Saffron Thistle ชื่อวิทยาศาสตร์ *Carthamus tinctorius* (L.) วงศ์ Compositae ชื่ออื่น คำ คำฝอย ดอกคำ (เหนือ) คำยอง (ลำปาง)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นไม้ล้มลุก สูง 40-130 เซนติเมตร ลำต้นเป็นสัน แตกกิ่งก้านมาก ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปวงรี รูปใบหอกหรือรูปขอบขนาน กว้าง 1-5 เซนติเมตร ยาว 3-12 เซนติเมตร ขอบใบหยักฟันเลื่อย ปลายเป็นหนามแหลม ดอกช่อ ออกที่ปลายยอด มีดอกย่อยขนาดเล็กจำนวนมาก เมื่อบานใหม่ๆ กลีบดอกเป็นสีเหลืองแล้วจึงเปลี่ยนเป็นสีแดง ใบประดับแข็งเป็นหนามรองรับช่อดอก ผลเป็นผลแห้ง ไม่แตก เมล็ดเป็นรูปสามเหลี่ยม สีขาว ขนาดเล็ก สรรพคุณดอกหรือกลีบที่เหลืองอยู่ที่ผล, รสหวาน บำรุงโลหิตระดู แก้น้ำเหลืองเสีย แก้แสบร้อนตามผิวหนัง, บำรุงโลหิต บำรุงหัวใจ บำรุงประสาท ขับระดู แก่ตีพิการ, โรคผิวหนัง ฟอกโลหิต, ลดไขมันในเส้นเลือด ป้องกันไขมันอุดตัน เภสัช บำรุงโลหิต ประจำเดือนของสตรี เมล็ดเป็นยาขับเสมหะ แก้โรคผิวหนัง ทาแก้บวม ขับโลหิตประจำเดือน ตำพอกหัวเหมา แก้ปวดมดลูกหลังจากการคลอดบุตรน้ำมันจากเมล็ดทาแก้แอมพาต และขัดตามข้อต่างๆ ดอกแก้ไข้แต่งสีอาหารที่ต้องการให้เป็นสีเหลือง

สรรพคุณวิธี และปริมาณที่ใช้ : ชาดอกคำฝอย ช่วยเสริมสุขภาพ ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด โดยใช้ดอกแห้ง 2 หยิบมือ (2.5 กรัม) ชงน้ำร้อนครึ่งแก้ว ต้มเป็นเครื่องดื่มได้ ดอกคำฝอยใช้เป็นสีผสมอาหารได้โดยสีจะเป็นสีเหลืองส้ม

สารเคมีดอก พบ Carthamin, sapogenin, Carthamone, safflomin A, Sfflor yellow, Safrole yellow เมล็ด จะมีน้ำมัน ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว คุณค่าด้านอาหาร ในเมล็ดคำฝอย มีน้ำมันมาก สารในดอกคำฝอย พบว่าแก้อาการอักเสบ มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อบางตัวได้ ในประเทศจีน ดอกคำฝอย เป็นยาเกี่ยวกับสตรี ตำรับยาที่ใช้รักษาสตรีที่ประจำเดือนค้างคังไม่เป็นปกติ หรืออาการปวดบวม ฟกช้ำดำเขียว มักจะใช้ดอกคำฝอยด้วยเสมอ โดยต้มน้ำแช่เหล้า หรือใช้วิธีตำพอก แต่มีข้อควรระวังคือ หลีกเลี่ยงการรับประทานใช้ดอกคำฝอยแก่ มาชงน้ำร้อน กรอง จะได้น้ำสีเหลืองส้ม(สาร Safflower yellow) ใช้แต่งสีอาหารที่ต้องการให้เป็นสีเหลือง (ยุทธนา สูงสุมาลย์. 2538).

2.2.2.3 มะตูม ชื่อวิทยาศาสตร์ *Aegle marmelos* (L.) Correa ex Roxb ชื่อสามัญ Bael วงศ์: Rutaceae ชื่ออื่น: มะปิน (ภาคเหนือ) กระพันตาเถร ตุ่มเต็ง ตุ่ม (ปัตตานี) มะปี่ซ่า (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้ต้น สูง 10 - 15 เมตร เปลือกต้นสีเทา แตกเป็นร่องตามยาว ใบ เป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ออกเรียงสลับ มีใบย่อย 3 ใบ ใบย่อยใบปลาย รูปไข่ กว้าง 2-6 ซม. ยาว 5-14 ซม. ปลายใบแหลม แผ่นใบบางเรียบเกลี้ยงเป็นมัน ก้านใบย่อยใบปลายจะยาวกว่าใบที่คู่กัน ดอก ออกเป็นช่อตามซอกใบและปลายกิ่ง กลีบดอกมี 4 กลีบ โคนติดกัน ปลายแยกเป็น 4 แฉก รูปไข่กลับยาว ด้านนอกสีเขียวอ่อน ด้านในสีขาวนวล มีน้ำเมือก มีกลิ่นหอม ผล รูปรีกลมหรือยาว ผิวเรียบเกลี้ยง เปลือกหนา แข็ง ผลอ่อนสีเขียว ผลสุกเป็นสีเขียวอมเหลือง เนื้อในสีส้มปนเหลือง นิยม เมล็ดมีจำนวนมาก

ส่วนที่ใช้ : ผลโตเต็มที ผลแก่จัด ผลสุก ผลอ่อน ใบ ราก

สรรพคุณ ผลโตเต็มที - ผานเป็นชั้นบางๆ ตากแห้งคั่วให้เหลือง ชงรับประทาน แก้ก้องเดิน ท้องเสีย ท้องร่วง โรคลำไส้เรื้อรังในเด็ก ผลแก่จัดแต่ยังไม่สุก - น้ำมาเชื่อมรับประทานต่างขนมหวาน จะมีกลิ่นหอม และรสขวนรับประทาน บำรุงกำลัง รักษาธาตุ ขับลม ผลสุก - รับประทานต่างผลไม้ เป็นยาระบายท้อง และยาประจำธาตุของผู้สูงอายุ ที่ท้องผูกเป็นประจำ ใบ - ใส่แกงบัว เพื่อแต่งกลิ่น ราก - แก้หืด หอบ แก้ไอ แก้ไข้ ขับลม แก้มูกติด

วิธีและปริมาณที่ใช้ ใช้ผลโตเต็มที ผานตากแห้ง คั่วให้เหลือง ชงน้ำดื่ม ใช้ 2-3 ช้อน ชงน้ำเดือดความแรง 1 ใน 10 ดื่มแทนน้ำชา หรือชงด้วยน้ำเดือด 2 ถ้วยแก้ว ดื่มครั้งละครั้งถ้วยแก้ว

สารเคมี ผลมะตูม ประกอบด้วยสารที่มีลักษณะเป็นเมือกๆ คือ Mucilage, Pectin, Tannin, Volatile oil และสารที่มีรสขม (ชญาภัทร กี่อารีโย, ผศ. และ คณะ. 2555)

2.2.3 วัสดุธรรมชาติที่นำมาสกัดสีน้ำเงินเขียว (Cyan)

2.2.3.1 ดอกอัญชัน ชื่อวิทยาศาสตร์ *Clitoria ternatea* (L.) ชื่อวงศ์ Fabaceae (Leguminosae-Papilionoideae) เป็นไม้เถา ลำต้นมีขนนุ่ม มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาใต้ ปลูกได้ทั่วไปในเขตร้อน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ อัญชันเป็นไม้เลื้อยเนื้ออ่อน อายุสั้น ใซ้ยอดเลื้อยพัน ลำต้นมีขนปกคลุม ใบประกอบแบบขนนก เรียงตรงข้ามยาว 6-12 เซนติเมตร มีใบย่อยรูปไข่ 5-7 ใบ กว้าง 2-3 เซนติเมตร ยาว 3-5 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบมน ผิวใบด้านล่างมีขนหนาปกคลุม ประกอบด้วย

ดอก รักษาอาการผมร่วง แก้กพิษต่างๆ แก้กพิษบวม, ให้สีแอนโทไซยานินแต่งสีอาหารและย้อมผ้า ดอกอัญชันใช้ทำสีผสมอาหาร โดยตำหรือปั่นให้ละเอียดผสมน้ำคั้น กรองเอาน้ำผสมอาหารคาวหรือหวานมาตั้งแต่โบราณกาล

เมล็ด รสเมาเบื่อเย็น เป็นยาระบาย อาจทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน

ราก รสขม บำรุงดวงตา ทำให้ตาสว่าง แก้กตาเจ็บ แก้กปัสสาวะพิการ ขับปัสสาวะ แก้กปวดฟัน เป็นยาระบาย แก้กตาฟาง ตาแฉะ

ประโยชน์ในการแต่งสี ดอกอัญชันตำหรือปั่นให้ละเอียด ผสมน้ำคั้น กรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้สีน้ำเงินขนมต่างๆ เช่น ขนมชั้น ซ่าหริ่ม ถั่วแปบ ขนมเรไร ขนมขี้หนู ขนม น้ำดอกไม้โบราณนิยมใช้ดอกอัญชันดอกม่วงย้อมผสม ช่วยให้ผสมตามธรรมชาติไม่หงอกก่อนวัย นำมาเขียนคิ้วเด็กแรกเกิดจะทำให้คิ้วดำ



ภาพที่ 2.1 ดอกอัญชันสด

สารองค์ประกอบทางเคมี สารแอนโทไซยานินที่มีอยู่มากในดอกอัญชันแต่งสีอาหารและย้อมผ้ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น การเพิ่มความสามารถในการมองเห็น เพิ่มการไหลเวียนในหลอดเลือดเล็ก ๆ ทำให้กลไกการมองเห็นแข็งแรงขึ้น เนื่องจากมีเลือดมาเลี้ยงมากขึ้น

วิธีการสกัดสารแอนโทไซยานิน การสกัดสารจากดอกอัญชันด้วยเอทิล แอลกอฮอล์ ทั้งกลัยโคไซด์ ไม่ละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์ จึงมักสกัดพืชด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ก่อนเพื่อสกัดเอาไขมันออกก่อนที่จะสกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ (สมพร ภูติยานันต์. 2551.)



ภาพที่ 2.2 ดอกอัญชันแห้ง

2.2.3.2 คราม ชื่อวิทยาศาสตร์ *Indigofera tinctoria* (L.) ชื่อวงศ์ Leguminosae (Papilionaceae) ชื่ออื่น: คราม (คนเมือง), ครามย่อย, คราม (ภาคกลางและภาคเหนือ), คราม (ไทย), คาม (พายัพ-อีสาน) เป็นไม้พุ่มเมืองในเอเชีย เป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ฝักตรงหรือโค้งงอเล็กน้อย ใบประกอบแบบขนนก ดอกช่อ ใช้ทำสีย้อม ต้นครามมีกลูโคไซด์อินดิแคน เมื่อนำต้นไปแช่น้ำ สารนั้นถูกเปลี่ยนเป็นอินดอกซิล และเมื่อถูกอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นอินดิโก-บลู ให้สีคราม ใช้เป็นยารักษาอาการทางประสาท บรรเทาอาการปวดแผลที่เกิดในบริเวณเยื่ออ่อน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ต้น เป็นพรรณไม้พุ่มมีขนาดเล็ก และมีความสูงประมาณ 4-6 ฟุต ใบคล้ายใบก้างปลา แต่จะมีขนาดเล็กกว่า ดอก ดอกจะออกเป็นสีม่วงแกมน้ำตาล หรือจะเป็นสีชมพูและเป็นสีเขียวอ่อนแกม ดอกจะแน่น และออกเป็นช่อยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร

ประโยชน์ในการแต่งสี ใบ นำไปหมัก ใช้อ้อมผ้า ให้สีน้ำเงิน (คนเมือง)
 สรรพคุณ ทั้งต้น ใช้ฟอกขับปัสสาวะให้บริสุทธิ์ รักษาพิษยี่ น้ำปัสสาวะพุ่งขึ้น
 รักษานิ้วได้ดี (กมลพร ปานง่อม, สุคนธ์ทิพย์ บุญวงศ์ และกุลชญา เกศสุวรรณ. 2554)

2.2.3.3 หว่า ชื่อวิทยาศาสตร์ *Syzygium Cumini* ชื่อวงศ์ Myrtaceae ชื่ออื่น: ดั้งดั่ง
 เตียง (เมียน), เก่อม, ตะโฆ่ (กะเหรี่ยงเชียงใหม่), ตะมาเหมา (กะเหรี่ยงแดง), บะห้าขี้แป๊ะ (คนเมือง),
 เส่มีชู (กะเหรี่ยงแม่ฮ่องสอน), เบล่กะม้าย (ปะหล่อง), สีหลือกั้ง (ม้ง) (สถาบันวิจัยและพัฒนาที่สูง.
 2553: ออนไลน์) เป็นไม้ประเภทไม้ยืนต้น มีถิ่นกำเนิดจากอินเดียจนถึงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ใน
 ไทยพบทั่วไปตามป่าดิบชื้น และป่าผลัดใบ ตั้งแต่ระดับใกล้น้ำทะเลจนถึงระดับความสูง 1,100 เมตร
 เป็นต้นไม้ประจำจังหวัดเพชรบุรี

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ลำต้น เป็นไม้ยืนต้นสูง 10-35 เมตร เปลือกต้น
 ค่อนข้างเรียบ สีน้ำตาล ใบเดี่ยว ออกตรงข้าม รูปไข่ หรือ รูปรี กว้าง 3-7 เซนติเมตร ยาว 8-14
 เซนติเมตร มีจุดน้ำมันที่บริเวณขอบใบ ดอกช่อ สีขาว หรือ สีเหลืองอ่อน ออกที่ซอกใบ หรือ ปลาย
 ยอด ฐานรองดอกเป็นรูปกรวย กลีบเลี้ยง 4 กลีบ กลีบดอก 4 กลีบ เกสรตัวผู้มีจำนวนมาก ออกดอก
 และติดผลราวเดือน มิถุนายน-ธันวาคม ผลเป็นผลสด รูปรีแกมรูปไข่ ฉ่ำน้ำ มีสีม่วงดำ ผิวเรียบมัน มี
 ขนาด 1 เซนติเมตร ผลแก่ ราวเดือนพฤษภาคม เมล็ด มี 1 เมล็ด รูปไข่

สรรพคุณ ใบและเมล็ด ใช้แก้บิด มูกเลือด ท้องเสีย นำใบและเมล็ดมาต้มกับ
 น้ำ แล้วนำน้ำที่ได้มาใช้ในการชะล้างแผลเน่าเปื่อย หรือนำมาตำแล้วใช้ทาแก้โรคผิวหนัง เมล็ดหว่า
 เมื่อนำมาต้มหรือบด แล้วนำมารับประทาน ใช้แก้เบาหวาน แก้บิด แก้ท้องร่วงได้ (พลสงคราม เกียรติ
 ศักดิ์. 2547)

2.2.4 วัสดุธรรมชาติที่นำมาสกัดสีดำ (Black)

2.2.4.1 หญ้าฉะก้วย (ประภัสสร แปลงดี. 2554) ฉะก้วย เป็นอาหารหวานชนิดหนึ่ง
 ซึ่งแพร่หลายในประเทศจีน จนถึงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นที่รู้จักกันดีในฐานะที่เป็นทั้งในอาหาร
 หวาน และเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ สำหรับในประเทศไทยนั้น ถือว่าเป็นอาหารหวานระดับพื้นบ้าน
 เนื่องจากมีการจำหน่ายทั่วไปในชุมชนเมืองทั่วประเทศ ฉะก้วย เป็นผลผลิตต่อเนื่องจากการแปรรูป
 ต้นฉะก้วย ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ Lamiaceae (วงศ์มินท์) วงศ์เดียวกับ สะระแหน่ กะเพรา โหระพา
 แมงลัก และยี่ห่วย

ลักษณะ กิ่งเลื้อยขนาดเล็ก ลำต้นกลม เปราะและหักง่าย กิ่งก้านแผ่กว้างคลุม
 ดิน ยาวได้ 2-3 ฟุต ใบเป็นใบเดี่ยว ออกตรงกันข้าม เป็นรูปรีแกมรูปใบหอก ปลายใบแหลม โคนใบ
 สอบ ขอบใบจักเป็นฟันเลื่อย ก้านใบสีขาว ยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร ใบเป็นสีเขียวสด ดอกเป็น
 สีขาว ออกเป็นช่อแบบเชิงลด คล้ายดอกกะเพรา ตามซอกใบและปลายยอด แต่ละช่อประกอบด้วย
 ดอกย่อยจำนวนมาก ดอกจะออกได้เรื่อยๆ เกือบทั้งปี

สรรพคุณ เช่นเดียวกับพืชอื่นๆ ในวงศ์มินท์ ฉะก้วยมีสรรพคุณแก้ร้อนใน
 กระจายน้ำ แต่เนื่องจากมีระดับของน้ำมันหอมระเหย และสารออกฤทธิ์ ในระดับที่ต่ำกว่าตระกูล
 กะเพราเป็นอย่างมาก จึงส่งผลให้ฉะก้วยไม่มีฤทธิ์ขับลม หรือบรรเทาปวด เหมือนดังที่มีในพืชตระกูล
 กะเพรา-โหระพา

การปลูกเฉาก๊วย ขึ้นได้ในดินทั่วไป เป็นไม้ชอบแดดและความชุ่มชื้น ดังนั้น ก่อนปลูกจึงควรผสมกาบมะพร้าวแห้งหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ พร้อมใส่แกลบค้ำลงไปอย่างละ 1 ส่วนเพื่อให้ อุ้มน้ำชุ่มชื้นตลอดเวลา หลังปลูกบำรุงด้วยปุ๋ยมูลสัตว์หรือปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก 10 วันครั้ง จะทำให้ต้น เฉาก๊วยเจริญเติบโตเร็ว



ภาพที่ 2.3 หล้าเฉาก๊วย

วิธีการสกัดสารออกจากต้นเฉาก๊วย ตัดต้นเป็นท่อนสั้นๆ ซึ่งมีใบติดอยู่ด้วย นำไปต้มในน้ำเดือดจะมีสารที่มีลักษณะคล้ายๆ วุ้นออกมาเป็นสารเคมีที่เรียกว่า "เพกติน" (Pectin) ซึ่งเป็นสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตพร้อมกับมีส่วนที่เป็นยางออกมาด้วย สารที่ออกมานี้มีสีน้ำตาลเข้ม เกือบเป็นสีดำ ดังนั้นจะเห็นเป็นขนมเฉาก๊วยที่เรารับประทานกัน

2.2.4.2 หล่อฮั้งก๊วย “หล่อฮั้งก๊วย” อยู่ในตระกูลเดียวกันกับพวกแตงชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Monordia grosvenorii Swingle* อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae และยังเป็นสมุนไพรพื้นเมืองของประเทศจีนสารสำคัญ ที่พบในหล่อฮั้งก๊วยคือ โมโกรไซด์ (Mogrosides) ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม ไตรเทอร์ปีน ไกลโคไซด์ (Triterpene Glycosides) เป็นสารที่มีรสชาติหวาน (หวานกว่าน้ำตาลประมาณ 300 เท่า) แต่ไม่ให้พลังงานและไม่มีผลกระทบต่อระดับอินซูลินในกระแสเลือด หล่อฮั้งก๊วยมีความหวานตามธรรมชาติคือ โมโกรไซด์ (Mogrosides) ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม ไตรเทอร์ปีน ไกลโคไซด์ (Triterpene glycosides) มีความหวานสัมพัทธ์ (Relative sweetness) 300 กล่าวคือมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส (Sucrose) 300 เท่า แต่ให้พลังงานน้อยมาก และไม่มีผลกระทบต่อระดับอินซูลินในกระแสเลือด สารสกัดจากหล่อฮั้งก๊วยใช้เป็นสารให้ความหวาน (Sweetener) สำหรับผู้ป่วยเบาหวาน (นิศารัตน์ สุขเอม และ ปรีศนีย์ ทับใบแยม. 2556 และ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ผศ. ดร. และ นิธิยา รัตนานพนธ์, ศ.ดร. เกียรติคุณ, ม.ป.ป.)

สรรพคุณหล่อฮั้งก๊วย แก่ร้อนใน กระหายน้ำ ขับเสมหะ ช่วยทำให้ชุ่มคอช่วยต้านอนุมูลอิสระ ช่วยยับยั้งการเป็นเนื้องอก ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง ช่วยบรรเทาโรคไอกรน บรรเทาอาการหอบหืด ช่วยบรรเทาโรคหลอดลมอักเสบ



ภาพที่ 2.4 หล่อฮั้งก้วย

สรรพคุณทางยา ผลมีรสหวานชุ่มคอ มีสรรพคุณทางยา มีฤทธิ์เย็นใช้แก้ อาการร้อนใน กระจายน้ำ ไอ ขับเสมหะ เป็นยาระบายอ่อน อีกทั้งยังรักษาโรคไอกรน ท้องผูก โรค หลอดลมอักเสบ หืด หอบ

วิธีการสกัด ทูบให้เปลือกแตก เอาเปลือกออกจะพบเม็ดเล็กๆ ข้างในซ้อนกัน เรียกว่า ไมโครไซต์ ล้างน้ำให้สะอาดใส่ปริมาณน้ำและน้ำต้ม (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. ม.ป.ป.: ออนไลน์)

2.2.4.3 มะเกลือ ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Diospyros mollis* Griff. อยู่ในวงศ์ Ebenaceae ชื่ออื่น: มักเกลือ (เขมร-ตราด), มักเกลือ หมักเกลือ มะเกลือ (ตราด), ผีเผา ผีผา (ฉาน-ภาคเหนือ), มะเกลือ มะเกลือ (ภาคเหนือ), เกลือ (ภาคใต้), มะเกลือ (ทั่วไป) เป็นต้น เป็นไม้ยืนต้นในวงศ์ Ebenaceae พบขึ้นตามป่าเบญจพรรณทั่วไป เรือนยอดเป็นพุ่มกลมกิ่งอ่อนมีขนนุ่ม ผลดิบของมะเกลือมีสรรพคุณเป็นยา จัดเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่ง สมัยก่อนนิยมใช้ยางผลมะเกลือไปย้อมผ้า ผลที่เปลือกเป็นสีดำ เมื่อรับประทานทำให้หน้ามืด ตาลายตาพร่ามัว อาเจียน ท้องเดิน และตาบอดได้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ มะเกลือ ไม้ต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูง 10-30 เมตร ใบกว้าง 3.5-4.0 เซนติเมตร ยาว 9-10 เซนติเมตร เปลือกต้นมีสีดำแตกเป็นสะเก็ดเล็ก ๆ ใบเป็นใบเดี่ยวรูปรี ปลายใบแหลม ผลกลมผิวเกลี้ยง ผลอ่อนสีเขียว ผลแก่สีดำ ผลแก่จัดจะแห้ง มีกลีบเลี้ยงติดบนผล 4 กลีบ ผลแก่ราวเดือนมิถุนายน-สิงหาคม เมล็ด แบน สีเหลือง 4-5 เมล็ด ขนาดกว้าง 0.5-0.7 เซนติเมตร ยาว 1-2 เซนติเมตร ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด

สรรพคุณ ลำต้น, เปลือกต้น, ราก, ทั้งต้นของมะเกลือ เป็นสมุนไพรช่วยแก้ กระษัย รากมะเกลือ มีรสเบื่อเมา ใช้ฝนกับน้ำข้าวข้าว ใช้รับประทานแก้ลม แก้อาเจียน (สภาผู้แทนราษฎร. 2555 และ ฟรินด์ทอคอม. ม.ป.ป.: ออนไลน์)

2.3 การทำแห้ง

หลังจากการสกัดสารสีจากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งจะได้สารสีที่อยู่ในรูปของสารละลาย ดังนั้นในการผลิตผงสีเราจึงต้องอาศัยวิธีการทำแห้งเพื่อแยกสารละลายที่ใช้ในการสกัดออกเพื่อให้ได้ผงสีที่มีความชื้นต่ำเพื่อให้เหมาะในการเก็บรักษา

การทำแห้ง (Drying) หมายถึง การถ่ายโอนของเหลว เช่น น้ำ ออกจากสารประกอบซึ่งอาจจะเป็นของแข็ง กึ่งของแข็ง (Paste) หรือ สารละลายไปยังแก๊สที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated gas) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้น หรือ ของเหลวในระดับที่สามารถป้องกันการเจริญเติบโตเชื้อจุลินทรีย์ การทำงานของเอนไซม์ และปฏิกิริยาเคมีต่างๆ เป็นการเก็บรักษาถนอมผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน มีใช้ในยามขาดแคลนนอกฤดูกาล หรือ ในแหล่งห่างไกล และเพื่อลดน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทำให้สะดวกในการใช้ บรรจุ ขนส่ง และการเก็บรักษา (วสันต์ รัตนะประสาธ. 2549: 19)

2.3.1 หลักการพื้นฐานของการเลือกเครื่องอบแห้ง

การอบแห้ง หมายถึง กระบวนการที่ความร้อนถูกถ่ายเทด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งไปยังวัสดุที่มีความชื้น เพื่อไล่ความชื้นออกโดยการระเหย โดยอาศัยความร้อนที่ได้รับเป็นความร้อนแฝงของการระเหยหัวข้อที่สำคัญที่สุดในการอบแห้ง คือ การถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุอบแห้งอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

2.3.1.1 ลักษณะเด่นของกระบวนการอบแห้ง

เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการกลั่น การระเหย หรือการดูดซึมก๊าซ ซึ่งเกี่ยวข้องกับก๊าซ หรือ ของเหลวแล้วจะเห็นว่าลักษณะเด่นของกระบวนการอบแห้งนั้น ได้แก่ ความเกี่ยวข้องกับญาติผู้ใหญ่เป็นหลัก ซึ่งลักษณะเด่นของกระบวนการมีดังนี้

1) รูปทรงมากมายหลายแบบของวัสดุอบแห้ง วัสดุที่นำมาอบแห้งนั้นมีตั้งแต่เครื่องเซรามิก ฉนวนไฟฟ้าแรงดันสูง แบบหล่อขนาดใหญ่ ตลอดจนวัสดุรูปแผ่น เส้น เม็ด และแม้กระทั่ง สลอรี่ (Slurries) หรือ ของเหลว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเครื่องอบแห้งมากมายหลายประเภทสำหรับอบแห้งวัสดุแต่ละชนิดอย่างมีประสิทธิภาพ

2) คุณสมบัติการอบแห้งของวัสดุ ซึ่งอาจแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุ โดยทั่วไปแล้วคุณสมบัติการอบแห้งของวัสดุแต่ละประเภทจะแตกต่างกัน ถึงแม้ว่ารูปทรงจะเหมือนกัน คุณสมบัติการอบแห้งของวัสดุจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำที่มีอยู่ในเนื้อวัสดุนั้น องค์ประกอบหลายอย่าง เช่น คุณสมบัติชอบน้ำ (Hydrophilicity) หรือไม่ชอบน้ำ (Hydrophobicity) ของวัสดุ รวมทั้งโครงสร้างรูพรุนมีบทบาทสำคัญในการกำหนดคุณสมบัติการอบแห้ง ในทางตรงกันข้ามแม้แต่วัสดุประเภทเดียวกันอาจมีคุณสมบัติการอบแห้งแตกต่างกันไป

3) หลักการทางวิศวกรรมเครื่องกล (อุปกรณ์) มีความสำคัญต่อเครื่องอบแห้ง เนื่องจากรูปทรงของวัสดุมีมากมายหลายชนิด การพิจารณาทางวิศวกรรมเครื่องกลจึงจำเป็นสำหรับการป้อน การขนส่ง และการถ่ายวัสดุแต่ละชนิดอย่างราบรื่น หากต้องการการดำเนินกระบวนการอบแห้งให้มีประสิทธิภาพสูง จะขึ้นอยู่กับการทำงานของหน่วยควบคุม (Unit operations) และความทันสมัยของเทคโนโลยีของหน่วยควบคุมนั้น ตลอดจนหลักการทางวิศวกรรมเครื่องกล อาจกล่าวได้ว่ากระบวนการอบแห้งเป็น “การผสมผสานเทคโนโลยี (Overall Technology)” ยกตัวอย่างเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) เป็นการกระบวนการทำงานที่สัมพันธ์กันระหว่างกระบวนการอบแห้ง และกระบวนการวิศวกรรมเคมี หรือวิศวกรรมแขนงอื่น เช่น การเคลื่อนย้ายสลอรี่ (Slurries) เทคโนโลยีของการพ่นฝอย การแพร่กระจายของลมร้อนในส่วนอบแห้ง เตาเผาไหม้ น้ำมันเตาเพื่อผลิตลมร้อนอุณหภูมิสูง เทคโนโลยีของการป้องกันเสียงรบกวน และอื่นๆ ซึ่งมีผลต่อการทำงานของเครื่องอบแห้งอย่างมาก

4) การเลือกประเภทเครื่องอบแห้ง เนื่องจากความแตกต่างที่มีอยู่มากมายในรูปทรงและคุณสมบัติการอบแห้งของวัสดุ ความผิดพลาดใดๆ ในการเลือกประเภทเครื่องอบแห้ง มักจะเป็นปัญหาในการปฏิบัติงาน ถึงแม้ว่าจะมีวิธีที่ทำให้กระบวนการอบแห้งพอทำงานได้ ประสิทธิภาพในการอบแห้งก็จะลดลงไปอย่างมาก

5) การพิจารณาสภาพของทำเลที่ตั้ง ซึ่งมีเงื่อนไขอยู่สองประการที่ต้องพิจารณาในการเลือกทำเลที่ตั้งของอุปกรณ์อบแห้ง คือ เงื่อนไขทางเศรษฐกิจ และทางสภาพแวดล้อม เงื่อนไขแรกส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับแหล่งพลังงานความร้อน และควรให้ความสนใจกับการนำเอาความร้อนทิ้ง (Exhaust heat) กลับมาใช้อีก เป็นต้น ส่วนเงื่อนไขหลังเกี่ยวข้องกับปัญหาทางสภาพแวดล้อม ที่เกิดจากก๊าซพิษ กลิ่นเหม็น และฝุ่นละออง ซึ่งออกมาทำกับลมร้อนที่ทิ้งตลอดจนเสียงรบกวนด้วย

6) มาตรการประหยัดพลังงาน เนื่องจากการอบแห้งต้องใช้พลังงานความร้อนปริมาณมากเพื่อระเหยความชื้นออกจากวัสดุอบแห้ง

2.3.2 การเลือกอุปกรณ์อบแห้ง

วัสดุอบแห้งอาจแบ่งออกได้อย่างหยาบๆ ตามรูปร่างลักษณะได้ดังนี้

- 1) ของเหลว และ สลอรี่ (Slurry)
- 2) วัสดุแข็ง
- 3) วัสดุคล้ายพวกแป้งเปียก
- 4) วัสดุที่เป็นเม็ด
- 5) วัสดุที่เป็นก้อน
- 6) วัสดุที่เป็นสะเก็ด
- 7) วัสดุเส้นใยสั้น
- 8) วัสดุที่มีมิติคงที่
- 9) วัสดุที่เป็นแผ่นยาวต่อเนื่อง
- 10) สี และของเหลวที่ใช้ทา

ลำดับที่ 1 ถึง 4 จะเปลี่ยนสภาพเป็นเม็ดหลังจากอบแห้ง ส่วนลำดับที่ 5 ลงมาจะไม่เปลี่ยนรูปร่างเมื่อแห้ง ขั้นตอนในการเลือกอุปกรณ์อบแห้งมีดังนี้ ในขั้นแรกเราจะพิจารณารูปแบบของวัสดุเปียก ปริมาณที่ต้องการ และวิธีปฏิบัติการ จากนั้นจึงค่อยพิจารณาคุณสมบัติการอบแห้งของวัสดุ การเลือกประเภทเครื่องอบแห้งจะต้องคำนึงถึงสภาพของสถานที่ตั้ง และปัญหาของแหล่งพลังงานความร้อนด้วย หลังจากนั้นจึงจะประเมินขนาดของเครื่องอบแห้ง

ตารางที่ 2.1 จำแนกเครื่องอบแห้งตามความเหมาะสมกับรูปแบบของวัสดุเปียก ปกติแล้วควรเลือกประเภทเครื่องที่เหมาะสม จากรายชื่อที่ปรากฏใน A ส่วนรายชื่อ B จะเลือกใช้กรณีพิเศษเท่านั้น ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเลือกเครื่องอบแห้ง

สภาวะของวัสดุเปียก	ตัวอย่างของวัสดุ	แบบของการปฏิบัติการ	ประเภทของเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม	
			A (กรณีทั่วไป)	B (กรณีเฉพาะ)
1. สารละลายและสเลอรี	สารละลายเกลือ, สารสกัดจากพืช, ผงซีกฟอก, สารละลายของเรซิน, ฝุ่นแผ่น, นํ้านม	แบบต่อเนื่อง ปริมาณมาก	a. แบบพ่นฝอย (spray)	
		แบบต่อเนื่อง ปริมาณน้อย	b. แบบดรัม (drum) (ดรัมสุญญากาศ)	
2. วัสดุแช่แข็ง	(ยา, อาหาร ก้อน, ผง)	ไม่ต่อเนื่อง (batch) ปริมาณน้อย กึ่งต่อเนื่อง (semibatch) ปริมาณมาก	a. แบบแช่แข็ง (freeza dry)	

ที่มา : อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม. ม.ป.ป.: 25

2.3.3 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย หรือเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย คือ เครื่องทำแห้ง (drier) ที่ใช้ทำแห้ง (dehydration) สำหรับอาหารเหลว เช่น นมผง น้ำผลไม้ กาแฟ ไซ โดยใช้เครื่องพ่นละออง (atomizer) ทำให้อาหารเหลวเป็นละออง สัมผัสกับกระแสลมร้อนภายในห้องอบแห้ง (drying chamber) ทำให้น้ำในอาหารระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้มีลักษณะเป็นผงแห้ง ตกลงสู่ภาชนะรองรับด้านล่าง ผงบางส่วนที่รวมอยู่กับลมร้อนจะถูกแยกออกด้วยระบบแยก อาหารผงที่ได้มีความชื้น (moisture content) ต่ำ (น้อยกว่า 5%) นิยมใช้ในการผลิตอาหารแห้ง มีลักษณะเป็นผง เช่น นมผง ครีมเทียม กาแฟผง เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานพนธ์. ม.ป.ป.: ออนไลน์)

2.3.3.1 กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 ขั้นตอนการทำของเหลวให้มีอนุภาคขนาดเล็กกลวง หรือ เป็นละอองฝอย เพื่อให้สามารถระเหยนํ้าออกจากของเหลวได้รวดเร็ว เนื่องจากอนุภาคของเหลวที่มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวในการรับความร้อนมาก การถ่ายเทความร้อนจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ และใช้เวลาไม่กัวินาทีที่แห้งเป็นผงตกลงมาในภาชนะ

ขั้นที่ 2 ขั้นตอนการสัมผัสระหว่างละอองของเหลวกับลมร้อน (Spray-Air Contact) ละอองของเหลวที่ได้จากการอัดฉีดในขั้นตอนแรก จะมีการสัมผัสกับลมร้อนทำให้เกิดการระเหยนํ้าออกไปจากละอองของเหลว การไหลทิศทางของการเคลื่อนที่ของลมร้อนเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าทิศทางการไหลของลมร้อนเหมาะสมก็จะทำให้การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นได้เร็ว ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อนมี 3 ทิศทาง คือ ลมร้อนเคลื่อนที่ขนานกับละอองของเหลว (Co-current Flow) ลมร้อนเคลื่อนที่สวนทางกับละอองของเหลว (Counter-current Flow) และลมร้อนเคลื่อนที่แบบผสม (Mixed Flow)

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนการระเหย (Evaporation) เป็นช่วงการทำแห้งที่มีการระเหยน้ำออกจากอนุภาคของเหลวอย่างรวดเร็ว ผงแห้งที่ได้จะตกลงสู่ตอนล่างของภาชนะทำแห้งภายในเวลาไม่กี่นาที เนื่องจากช่วงเวลาสั้นมากผงที่ได้จะยังมีคุณภาพดี และไม่ถูกทำลายโดยความร้อน

ขั้นที่ 4 ขั้นตอนการแยกผงออกจากเครื่องทำแห้ง (Product Recovery) หลังจากผงที่ได้ตกลงสู่ตอนล่างของภาชนะทำแห้ง ผงที่ได้จะมีน้ำหนักเบาและถูกดูดโดยแรงดูดจากพัดลม และส่งออกมาทางท่อลมออก ซึ่งขณะเดียวกันลมที่ถูกดูดออกมาก็จะพาความชื้นหรือไอน้ำที่ได้จากการระเหยของละอองของเหลวออกมาด้วย ผงที่ได้สามารถแยกออกจากลมร้อนได้โดยอาศัยกรรมวิธีไซโคลน (Caking) บางครั้งอาจบรรจุในภาชนะซึ่งมีก๊าซเฉื่อย เช่น ก๊าซไนโตรเจน เพื่อรักษาคุณลักษณะของผงที่ได้ให้คงที่

การทำแห้งประกอบด้วย กระบวนการถ่ายโอนความร้อนเพื่อทำให้ของเหลวเปลี่ยนสถานะและกระบวนการถ่ายโอนมวลสารของเหลวและไอ กลไกในการถ่ายโอนความร้อน (Mechanism of Heat Transfer) ประกอบด้วย

- 1) การพาความร้อน (Convection) จากแก๊สร้อนมายังสาร
- 2) การนำความร้อน (Conduction) จากผิวของสารประกอบที่ร้อนเข้าไปในเนื้อของสารประกอบ

- 3) การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) จากแก๊สร้อน จากผนังหรือแผ่นความร้อนไปยังสารประกอบนั้น หรือสารประกอบมองเห็นแหล่งกำเนิดความร้อน (วสันต์ รัตนประสาธ. 2549: 24)

2.3.3.2 ลักษณะเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)

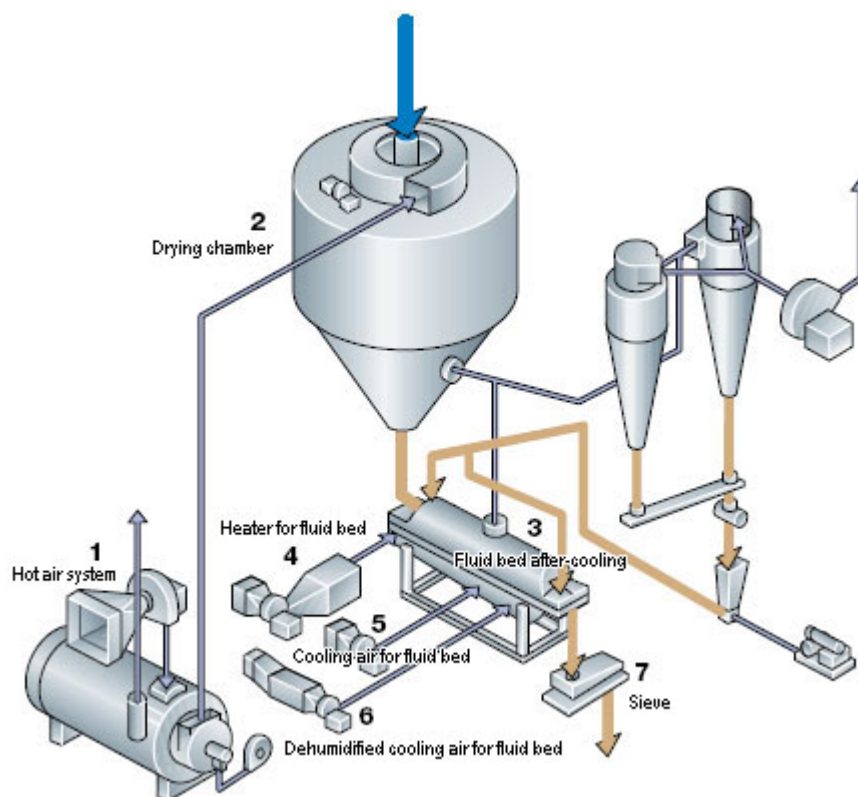
เป็นเครื่องสำหรับทำแห้งตัวอย่าง โดยอาหารที่ผ่านการทำให้ข้นมาแล้วจะถูกทำให้กระจาย และกลายเป็นอนุภาคหรือหยดน้ำเล็กๆและพ่นเข้าไปในกระแสน้ำร้อน กระบวนการทำงาน เริ่มจาก อากาศจะถูกดูดผ่าน Filter และผ่านตัวให้ความร้อน จากนั้นจึงเข้าสู่ห้องอบแห้ง Drying Chamber วัตถุดิบที่ใช้ Spray (Feed) ควรจะมีลักษณะเหลว จากนั้นสารละลายของเหลวจะถูกดูดโดยปั๊มผ่านหัวฉีด (Nozzle) แบบ Two-Fluid Nozzle ที่ทำให้เกิดละอองฝอยภายในห้องอบแห้งและสัมผัสกับอากาศร้อนใน Drying Chamber ทำให้เกิดการระเหยของน้ำหรือ Solvent ได้ผลผลิตทันทีที่แห้งตกลงสู่ด้านล่างของ Drying Chamber และผงบางส่วนที่หลุดมากับอากาศจะถูกแยกโดยใช้ Cyclone จนได้ผลผลิตสุดท้ายที่เป็นผงแห้ง



ภาพที่ 2.5 เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)

ที่มา: เครื่องอบทำผงแห้งแบบพ่นฝอย (ยูโร เบสท์ เทคโนโลยี. (ม.ป.ป.): ออนไลน์)

1) ส่วนประกอบหลักของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)

ที่มา: ส่วนประกอบหลักของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป.: ออนไลน์)

2) ห้องทำแห้ง (Drying Chamber) เป็นบริเวณที่เกิดการทำแห้งอาหาร โดยอากาศร้อนแห้ง ซึ่งเป็นอากาศที่ถูกดูดผ่านระบบกรอง และทำให้ร้อน จะปะทะกับอาหารเหลว บริเวณนี้ เกิดการระเหยของน้ำจากหยดอาหารเหลว การสัมผัสระหว่างอากาศร้อน และอาหารเหลว อาจเป็นได้หลายทิศทางอากาศ และอาหารเหลวไหลทางเดียวกัน (Co-Current Flow) อาหารเหลว และลมร้อนป้อนเข้าในทิศทางเดียวกัน อุณหภูมิลมร้อนจะลดลงระหว่างการทำแห้ง เหมาะกับอาหารที่ไวต่อความร้อน อากาศและอาหารเหลวไหลสวนทางกัน (Counter-Current Flow) การไหลแบบผสม (Mixed Flow) ลมร้อนถูกป้อนเข้าทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำแห้ง

3) ตัวทำละออง (Atomizer) มีหน้าที่ทำให้อาหารเหลวแตกตัวเป็นละอองฝอย เพิ่มพื้นที่สัมผัสกับความร้อนให้มากขึ้น เป็นตัวควบคุมอัตราการไหลไปยังห้องอบแห้ง และกำหนดขนาดของอนุภาค ตลอดจนคุณภาพต่างๆ ของอาหารผง เครื่องพ่นละอองที่ใช้ในเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยมีหลายระบบ แต่ละระบบมีผลต่อลักษณะ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ การเลือกชนิดขึ้นอยู่กับสมบัติของอาหารเหลวเริ่มต้น เช่น ความหนืด นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับและสมบัติของ

อาหารผงที่ต้องการ เช่น ขนาดของอนุภาค การละลาย (Solubility) ความหนาแน่น (Density) การเปียกน้ำ (Wettability) เป็นต้น ตัวทำละอองที่นิยมใช้ ได้แก่ หัวฉีดแรงดันสูง (Pressure Nozzles หรือ Nozzle Atomizer) ตัวทำละอองประเภทนี้ จะใช้แรงดันสูงดันให้ อาหารเหลวไหลผ่านรูเปิดขนาดเล็ก (Orifice) ขนาดของอนุภาคจะแปรผันโดยตรงกับอัตราการไหล และความหนืดของของเหลว และเมื่อเพิ่มแรงดัน ขนาดของอนุภาคจะเล็กลง Two-Fluid Atomizer หรือ (Pneumatic Atomizer) อาหารเหลวจะไหลกระทบกับก๊าซหรืออากาศที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ทำให้ของเหลวแตกเป็นละอองฝอย ได้ขนาดอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก สามารถใช้ได้ดีกับอาหารเหลว ที่มีความหนืดสูง ตัวทำละอองแบบจานเหวี่ยง (Centrifugal Atomizer หรือ Rotary Atomizer) มีลักษณะเป็นจาน (Disk, Wheel) โดยอาหารเหลวจะไหลลงบริเวณใกล้กับจุดศูนย์กลางของจาน ที่หมุนด้วยความเร็วรอบสูงมาก (ประมาณ 2,000-20,000 รอบต่อนาที) ถูกเหวี่ยงด้วยแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) ให้ของเหลวกระจายออกด้านข้างของจานเป็นละอองเล็กๆ ซึ่งขนาดของอนุภาคแปรผันโดยตรงกับอัตราการไหล และความหนืดของอาหารเหลว และแปรผันกับอัตราการหมุน และเส้นผ่านศูนย์กลางของจานหมุน ใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดสูง ไม่เป็นเนื้อเดียว ซึ่งอาจมีปัญหาการอุดตันหัวฉีด

4) อุปกรณ์แยกอนุภาคผงออกจากอากาศ เช่น ไซโคลน (Cyclone) ถุงกรอง (Bag Filter) ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพและคุณภาพของอาหารที่ทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยอัตราการไหลของอาหารเหลวขาเข้า (Feed) ความหนืดของอาหารเหลวอุณหภูมิของลมร้อนขาเข้า (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป.: ออนไลน์)

2.4 ผงสี

ผงสีเป็นสารให้สีที่ไม่ละลายในตัวทำละลาย จึงกระจายตัวอยู่ในตัวพา อนุภาคของผงสีอยู่ในลักษณะเกาะกลุ่มกัน ไม่ได้อยู่เป็นอนุภาคเดี่ยวๆ เหมือนสีย้อม โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่างประมาณ 0.1-2 ไมครอน หากแบ่งประเภทของผงสีตามโครงสร้างทางเคมี จะสามารถจำแนกผงสีออกได้เป็นสองประเภท คือ ผงสีอินทรีย์ (organic pigment) และผงสีอนินทรีย์ (inorganic pigment) (สุภาวดี วีระธรรมาร และคณะ. 2555: 242-244)

2.4.1 ผงสีอินทรีย์

ผงสีอินทรีย์ เป็นผงสีที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะจากพืชหรือสัตว์ หรือในทางเคมี หมายถึงผงสีที่มีองค์ประกอบหลักเป็นธาตุคาร์บอน นอกจากได้มาจากสิ่งมีชีวิตหรือได้จากธรรมชาติแล้วยังมีผงสีที่สังเคราะห์ขึ้นมาด้วย ผงสีอินทรีย์ในธรรมชาติที่รู้จักกันดี คือ คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ซึ่งเป็นผงสีเขียวที่ช่วยให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงในพืช

2.4.2 ผงสีอนินทรีย์

ผงสีอนินทรีย์ เป็นผงสีที่ไม่ได้มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ได้มาจากธรรมชาติและสังเคราะห์ขึ้น ผงสีอนินทรีย์ที่ใช้กันทั่วไป มีองค์ประกอบหลักเป็นโลหะ หรือเป็นสารประกอบประเภทเกลือของโลหะต่างๆ เช่น สารประกอบของเหล็ก โครเมียม สังกะสี เป็นต้น

2.5 สีผสมอาหาร

สมพร ภูติยานันต์ (2551 , หน้า 1-3) กล่าวไว้ว่า มนุษย์รู้จักใช้สิ่งปรุงแต่งสี กลิ่น รสของอาหารมาตั้งแต่โบราณกาล โดยใช้สี กลิ่น รส ผสมอาหารที่ได้จากธรรมชาติ เช่น จากส่วนของเหง้า ราก ต้น ใบ ดอก ผล เมล็ดของพืช สัตว์ และแร่ธาตุ ไม่มีสี กลิ่น รสสังเคราะห์ในประเทศไทย สมัยก่อนนิยมแต่งสี กลิ่น รสจากธรรมชาติ เช่น แกงเผ็ดมีสีแดงจากน้ำพริกแกงผัดกับหัวกะทิ แกงเหลือง สีเหลืองของน้ำแกงได้จากสีเหลืองของเหง้าขมิ้นชัน แกงเขียวหวานมีสีเขียวใช้แต่งสีด้วยพริกเขียว ใบพริก ใบผักชี ในข้าวผัดที่มีสีแดงใช้แต่งสีแดงโดยซอสมะเขือเทศ และให้กลิ่น รสเฉพาะของอาหารจากธรรมชาติ อาหารหวาน เช่น ขนมขี้หนู วุ้นกะทิ ตะโก้ สลิม ขนมνάดอกไม้วุ้น กล้วยฟู แต่งสี กลิ่น รส ด้วยใบเตย ดอกอัญชัน ลูกตาลสุก และอื่นๆ ซึ่งทำให้নারับประทานยิ่งขึ้นและในต่างประเทศก็นิยมใช้สี กลิ่น รส แต่งอาหารกันมาแต่โบราณเช่นกัน โดยใช้สีเหลืองจากหัวแครอท ผสมลงในเนยหรือใช้สีแดงจากหัวผักกาดแดงแต่งอาหารที่ต้องการให้มีสีแดง และได้กลิ่นเฉพาะตัวตามรสธรรมชาติ ชาวยุโรป และชาวอเมริกันโบราณ อาหารมีชื่อเสียงประกอบด้วย Blue soup, Yellow meat, Red potato, Green bread และ Black salad ซึ่งอาหารชุดมีทั้งสีน้ำเงิน เหลือง แดง เขียว และดำ เปรียบเสมือนกับโต๊ะซึ่งประดับด้วยดอกไม้หลากสีดูน่ารักรับประทาน สีสนของอาหารเป็นสิ่งช่วยเร่งเร้าให้น้ำย่อยออกมาได้ ไม่แพ้กลิ่น และรสอาหาร นอกจากสี กลิ่น รส ผสมอาหาร ยังใช้ผสมยา และเครื่องสำอาง

เมื่อประมาณร้อยกว่าปีมานี้ พ.ศ. 2399 มีการสังเคราะห์สีขึ้นมาเป็นชนิดแรกจาก Coal tar ให้สีม่วงแดง หลังจากนั้นมีการเตรียมสังเคราะห์ขึ้นอีกหลายร้อยชนิด หลายชนิดที่ใช้เป็นสีผสมอาหาร ในปี พ.ศ. 2443 สหรัฐอเมริกามีสีแต่งอาหารถึง 80 ชนิด ในปี พ.ศ. 2493 พบว่าการใช้สีผสมอาหารในลูกกวาด และข้าวโพดคั่วเกินขนาดทำให้เด็กท้องเดิน จึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าเรื่องจำนวนของสีที่ใช้ผสมในอาหาร พบว่า จำนวนของสีที่ใช้ไม่ทำให้เกิดอันตราย หมายถึงว่า เมื่อบริโภคเข้าไปแล้วจะไม่เกิดพิษถึงแม้ว่าจะใช้สีจำนวนเท่าใดก็ตาม ต่อมาได้มีการศึกษาถึงพิษของสีที่จะเกิดต่อผู้บริโภคโดยการทดลองในสัตว์ทดลองหลายชนิด เช่น หนู สุนัข ใช้เวลาในการทดลองเป็น 2 ระยะคือทดลองหาพิษที่จะเกิดในระยะสั้น และพิษที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 2-4 ปี ปรากฏผลว่า สีเกือบทั้งหมดใช้ไม่ได้ ในจำนวนสี 80 ชนิด มีเพียง 7 ชนิดเท่านั้นที่กฎหมายควบคุมอาหาร และยาของสหรัฐอเมริการับรองให้ใช้ได้ในปี พ.ศ. 2499 ต่อมา มีการศึกษาหาความปลอดภัยของสีสังเคราะห์ที่กำลังใช้อยู่ ถ้าสีใดไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคให้เพิกถอนออกจากบัญชี มีการสังเคราะห์สีเพิ่มขึ้นพร้อมกับทั้งผ่านการทดสอบความปลอดภัยเรียบร้อยแล้วอีก 10 ชนิด ต่อมาจึงมีกฎหมายควบคุมการใช้จำนวนของสีด้วย

ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีสีที่อนุญาตให้ได้ 2 ประเภท ได้แก่ สีสังเคราะห์ และสีที่รับรอง (Certified color) เป็นสีที่ได้จากธรรมชาติ จากพืช เช่น สีเขียวเปลือกองุ่น สีม่วงเมล็ดคั่วไท เหง้าขมิ้น หญ้าฝรั่ง พริก น้ำผลไม้ และได้จากสาหร่าย เช่น สาหร่ายสีแดง (Red Algae) และสัตว์ Cochineal สีสังเคราะห์มีโลหะหนักผสมอยู่ เช่น ธาตุแคดเมียม, ปปรอท, ตะกั่ว, สารหนู ซึ่งกฎหมายหรือพระราชบัญญัติควบคุมการใช้สีผสมอาหารแต่ละประเทศ จะกำหนดปริมาณของโลหะหนักแต่ละชนิดไม่ให้มีเกินปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ ส่วนข้อกำหนดปลีกย่อยต่างๆ จะแตกต่างกันออกไปในแต่ละประเทศ การอนุญาตให้ใช้สีได้ในแต่ละประเทศจะผิตกันไป เช่น สีชนิดหนึ่งในประเทศไทยยัง

อนุญาตให้ใช้อยู่ แต่ในบางประเทศ เช่น ฝรั่งเศส นิวซีแลนด์ เยอรมนี เบลเยียม อิตาลี ห้ามใช้ ขึ้นอยู่กับคณะกรรมการควบคุมกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของการใช้สีผสมอาหารของแต่ละประเทศ

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา เรื่องของสีผสมอาหารได้มีการศึกษาค้นคว้ากันอย่างกว้างขวาง ทั้งในสหรัฐอเมริกา ประเทศแถบยุโรป และญี่ปุ่น พบว่ามีสีบางชนิดทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง ประเทศอังกฤษมีสถาบันที่ทำการค้นคว้าเกี่ยวกับสีที่ทำให้เกิดมะเร็งคือ BIBRA (British Industrial Biological Research Association) สำหรับสหรัฐอเมริกาหลายสถาบันทำการทดลองทางเภสัชวิทยา และพิษวิทยาของสี พยายามศึกษาว่าสีที่ให้สัตว์ทดลองกินเข้าไปจะมีผลต่อการขยายพันธุ์ และลูกอ่อนที่เกิดมาผิดปกติหรือไม่อย่างไร จากผลของการทดลองในสหรัฐอเมริกา พบว่าลูกอ่อนที่เกิดมาไม่ผิดปกติแม้แต่จำนวนของลูกที่ออกมาแต่ละคอกมีจำนวนเท่าเดิม แต่ผลจากการทดลองในรัสเซียพบว่า จำนวนลูกที่ออกมาแต่ละคอกจะลดน้อยลง

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์ (ออนไลน์: 3 กุมภาพันธ์ 2557) กล่าวว่า สีผสมอาหาร เป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดหนึ่ง ซึ่งผู้ผลิตอาหารใช้ผสมลงไปในการปรุงแต่งอาหารนั้นให้แลดูสวยงามหรือกลบเกลื่อนลักษณะอาหาร ที่เสื่อมสภาพให้คล้ายสีของอาหารตามธรรมชาติ รวมทั้งการแต่งสีเพื่อช่วยให้ดูคล้ายอาหารที่มีคุณภาพสูง เช่น อาหารที่ใช้ไข่เป็นส่วนผสมปรากฏว่าในการผลิตจริงใช้ไข่เพียงเล็กน้อย หรือไม่ได้ใส่เลย แต่ใช้สีเหลืองผสมลงไปให้เป็นสีของไข่

2.5.1 การใช้สีผสมอาหาร

โดยทั่วไปจะมีการใช้สีผสมอาหารเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ กัน คือ

2.5.1.1 เพื่อแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่มีสี ได้แก่ เครื่องดื่มหรือเครื่องดื่มลูกกวาด ไอศกรีมแยม เยลลี่ และอาหารว่างเพื่อให้มีสีเป็นที่ดึงดูดใจผู้บริโภค

2.5.1.2 เพื่อแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งอาจสูญเสียหรือเปลี่ยนไปมากในระหว่างกระบวนการผลิตหรือการเก็บรักษา ได้แก่ การใช้สีผสมอาหารเพื่อช่วยแต่งสีของ เบียร์ วิสกี้ น้ำเชื่อม และอาหารอบ

2.5.1.3 เพื่อแต่งสีผลิตภัณฑ์อาหารที่มีสีธรรมชาติแปรเปลี่ยนตามฤดูกาลและ สภาพภูมิอากาศ เช่น การใช้สีผสมอาหารแต่งสีนม ซึ่งปกติก็มีสีแตกต่างกันมาก ขึ้นกับฤดูกาล โดยนมในฤดูร้อนมักมีสีเหลืองเข้มกว่านมในฤดูหนาว เนื่องจากปริมาณเบตาแคโรทีนในหญ้าที่วัวบริโภคในฤดูร้อนมากกว่าในฤดูหนาว เพื่อให้ อาหารที่ผลิตออกมามีสีคงที่ตามมาตรฐานที่ผู้ผลิตได้กำหนดไว้ เพื่อมิให้ผู้ซื้อเกิดความเข้าใจผิดในเรื่องคุณภาพของอาหารที่ผลิตขึ้นมา

2.5.2 ชนิดของสีผสมอาหาร

โดยทั่วไป อาจแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

2.5.2.1 สีสังเคราะห์ หมายถึง สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ซึ่งมีลักษณะถูกต้องตามข้อกำหนดและปลอดภัยต่อการบริโภค ชนิดสีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารมี 9 สี คือ

- 1) ประเภทสีแดงมี 3 สี ได้แก่
 - ก. ปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R)
 - ข. คาร์โมอีซิน หรือ เอโซรูบิน (Carmoisine or Azorubine)
 - ค. เออร์โรซีน (Erythrosine)
- 2) ประเภทสีเหลือง มี 3 สี ได้แก่

- ก. ทาร์ตราซีน (Tartrazine)
- ข. ซันเซต เยลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (Sunset Yellow F C F)
- ค. ไรบโฟลาวิน (Riboflavin)
- 3) ประเภทสีเขียว มี 1 สี ได้แก่
 - ก. ฟาสต์ กรีน เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (Fast Green F C F)
- 4) ประเภทสีน้ำเงิน มี 2 สี ได้แก่
 - ก. อินดิโกคาร์มีน หรือ อินดิโกติน (Indigocarmine or Indigotine)
 - ข. บริลเลียนท์ บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (Brilliant Blue F C F)

สมพร ภูติยานันต์ (2551 , หน้า 3) กล่าวว่า สีผสมอาหารที่เป็นสีสังเคราะห์ หากไม่จำเป็น ไม่ควรนำมาใช้ เพราะสีบางตัวถ้าใช้บ่อย และใช้ในปริมาณมากๆ จะมีการสะสมและอาจทำให้เกิดพิษได้ เนื่องจากสีอาจเกาะหรือเคลือบตามเยื่อบุกระเพาะลำไส้ ยังทำให้การดูดซึมของกระเพาะลำไส้ประสิทธิภาพลดลง เกิดอาการท้องเดิน อ่อนเพลีย ปวดเมื่อยตามกล้ามเนื้อ น้ำหนักลด ซิฟจร และการหายใจอ่อนลง ถ้ามีอาการเป็นมากทำให้ประสาท และสมองเป็นอัมพาต อาจเป็นมะเร็งต่อมน้ำเหลือง และที่อื่นๆ การควบคุมใช้สียังไม่เข้มงวดมากนัก ผู้ที่ประกอบอาหารสำเร็จรูปมักไม่คำนึงถึงผลเสีย หรือพิษภัยของผู้บริโภค มักนำสีย้อมผ้าราคาถูกกว่าสีผสมอาหาร และสีธรรมชาติ ใส่เพียงเล็กน้อยสีจะเด่นชัด เช่น ข้าวเกรียบกุ้ง เยลลี่จะแต่งสีแดงหรือชมพูสด แม้แต่กุ้งแห้ง แต่งโม น้ำปลา ปลาเค็ม เนื้อเค็ม หมูแดง ซอสมะเขือเทศ ซอสพริก ปลาจ่อม และขนมบางชนิด เช่น ฝอยทอง ทองหยิบ ทองหยอด ขนมชั้น ขนมขี้หนู สลิม ขนมโรโร ขนมหน้าดอกไม้ ขนมลูกชุบน้ำหวาน และอื่นๆ ใช้แต่งสีที่อนุญาตให้ใช้ ซึ่งทางกรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข และสำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค สุ่มตัวอย่างอาหารสำเร็จรูปจากตลาดมาตรวจหาชนิด และปริมาณของสี ปรากฏผลว่า อาหารส่วนใหญ่ใช้สีผสมอาหารไม่ถูกต้องตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งประชาชนคนไทยไม่มีทางเลือกจำเป็นต้องซื้ออาหารที่ทราบๆ ว่าเมื่อบริโภคแล้วอาจไม่ปลอดภัยนัก เพราะในปัจจุบันทุกอย่างเร่งรีบ อาหารสำเร็จรูปส่วนใหญ่จะแต่งสีสีนสวยงามล่อใจผู้บริโภค เมื่อบริโภคเข้าไปหากเป็นสีย้อมผ้าเป็นการตายผ่อนส่งไปเรื่อยๆ ถ้าผู้ประกอบอาหารสำเร็จรูปจะมีมนุษยธรรมเห็นแก่ผู้บริโภค โดยใช้สีแต่งอาหารที่ทางกระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ หรือใช้สีจากธรรมชาติ ถึงแม้ว่าจะลดความสะดวกสบาย และผลกำไรลงบ้าง จะเป็นกุศลแห่งชีวิต สีธรรมชาติเป็นสีที่ได้จากสมุนไพร นอกจากมีสีสีนสวยงามแล้วยังได้กลิ่น และรสเด่นเฉพาะของแต่ละชนิดของสมุนไพรตามความเหมาะสมของสิ่งที่ต้องการปรุงแต่งสี กลิ่น รส ส่วนสีสังเคราะห์สามารถปรุงแต่งเฉพาะสีซึ่งไม่มีกลิ่นและรสเหมือนสีธรรมชาติ เช่น น้ำยาอุทัยได้จากการต้มแก่นฝาง มีสีแดง กลิ่นหอมเด่นเฉพาะรสฝาด นอกจากจะแก้กระหายจากน้ำ ได้ความสดชื่นจากกลิ่นของแก่นฝาง ช่วยฝาดสมานกระเพาะลำไส้ ป้องกัน และรักษาโรคกระเพาะลำไส้ แก้อาการท้องร่วง

2.5.2.2 สีธรรมชาติ ได้แก่ สีที่ได้จากการสกัดจากวัตถุดิบธรรมชาติผ่านการพิจารณาในเรื่องส่วนประกอบ กรรมวิธีการผลิต ความบริสุทธิ์และอื่นๆ จนแน่ใจว่า ปลอดภัยต่อการบริโภค เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างสีทั้ง 2 ประเภท พบว่าสีสังเคราะห์มีราคาถูกกว่า ให้สีสดและสม่ำเสมอกว่า และให้สีในช่วงที่กว้างกว่า นอกจากนี้ยังมีขายทั้งในรูปแบบสี และสีผสมในรูปแบบผง สารละลาย และสารละลายแขวนลอย ซึ่งสะดวกต่อการเลือกใช้ กับอาหารชนิดต่าง ๆ ดังนั้นผู้ใช้นิยมใช้สีสังเคราะห์

มากกว่าสีธรรมชาติ แม้ว่าสีธรรมชาติจะปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากกว่า สีที่ได้จากการสกัดจากวัตถุธรรมชาติ ซึ่งมีรงควัตถุเป็นส่วนประกอบของเซลล์พืช หรือสัตว์

1) แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นรงควัตถุที่พบมากในดอกอัญชัน องุ่น กระจับแดง เป็นต้น เป็นสีที่สามารถละลายได้ในน้ำ มีสีแดงที่มีความเป็นกรด-เบสต่ำ และเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเมื่อความเป็นกรด-เบสสูง

2) แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) เป็นรงควัตถุที่มีสีเหลืองจนถึงแดง ละลายได้ในไขมัน พบมากในมะเขือเทศและแครอท เป็นต้น สีในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้ในสีผสมอาหาร ได้แก่ บีตา-แคโรทีน บีตา-อะโป-8-แคโรทีนอล และแคนทาแซนทิน สีในกลุ่มนี้จะค่อนข้างคงตัว

3) คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เป็นรงควัตถุที่มีสีเขียว พบในพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของใบปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ได้แก่ แสง อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ได้รับความร้อน

4) คาราเมล (Caramel) เป็นรงควัตถุที่มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงดำละลายในน้ำได้ดี

2.5.2.3 สารสกัดจากธรรมชาติที่ให้สีต่างๆ มีดังนี้

1) สีเขียว จากใบเตยหอม ค่ะน้า ใบย่านาง
2) สีแดง จากกระจับแดง ข้าวแดง ผาง รังครั่ง หัวบีท ดอกบานเย็น ลูกผักปลังสุก

3) สีส้ม จากแครอท

4) สีน้ำตาล จากกาแฟ โกโก้ คาราเมล (Caramel)

5) สีม่วง จากข้าวเหนียวดำ ลูกผักปริง ดอกอัญชัน

6) สีเหลือง จากขมิ้น ดอกคำฝอย ไข่แดง เมล็ดคำฝวด ลูกตาลสุก น้ำส้มเขียวหวาน ฟักทอง มันเทศชนิดสีเหลือง ลูกพุด หล้าฝรั่ง ดอกกรรณิกา

7) สีดำจากกาบมะพร้าวเผา ดอกดิน

2.5.3 คุณลักษณะของสีผสมอาหารที่ได้มาตรฐาน

1) ไม่มีสารที่ทำให้เกิดพิษและตัวสีเองไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายของผู้บริโภค
2) มีโครเมียม หรือแคดเมียม หรือปรอท หรือเซสเนียมไม่เกิน 1 ส่วน ในล้านส่วน
โดยน้ำหนัก

3) มีสารหนู ไม่เกิน 5 ส่วน ในล้านส่วนโดยน้ำหนัก

4) มีตะกั่วไม่เกิน 20 ส่วน ในล้านส่วนโดยน้ำหนัก

5) มีโลหะหนักชนิดต่าง ๆ นอกจากตะกั่ว รวมกันไม่เกิน 20 ส่วน ในล้านส่วน โดยน้ำหนัก

2.5.4 สาเหตุที่ไม่ควรใช้สีย้อมผ้าผสมอาหาร

สีย้อมผ้า มีความบริสุทธิ์ต่ำมีสารเจือปนและโลหะหนักที่เป็นอันตรายเจือปน เช่น โครเมียม แคดเมียม ปรอท ตะกั่ว และสารหนู เป็นต้น ผู้ประกอบ อาหารส่วนมากใช้สีย้อมผ้าแต่งสีอาหารด้วยการขาดความรับผิดชอบ มั่งง่าย หรือ รู้เท่าไม่ถึงการณ์ทั้งนี้เพราะสีย้อมผ้ามี

1) มีสารที่ทำให้เกิดพิษเจือปน

2) มีโครเมียม หรือแคดเมียม หรือปรอท หรือเซสเนียมเกิน 1 ส่วนในล้านส่วน

- 3) มีสารหนูเกิน 5 ส่วน ในล้านส่วนโดยน้ำหนัก
- 4) มีตะกั่วเกิน 20 ส่วน ในล้านส่วนโดยน้ำหนัก
- 5) มีโลหะหนักชนิดต่างๆ รวมกันเกิน 20 ส่วนในล้านส่วน โดยน้ำหนัก

2.5.5 อาหารที่ห้ามใส่สี อาหารที่ห้ามใส่สีผสมอาหารทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็ยสีจากธรรมชาติ หรือสีสังเคราะห์ มี 14 ชนิด คือ อาหารทารก ทอดมัน กะปิ ข้าวเกรียบ แหนม ไส้กรอก ลูกชิ้น หมูยอ นมดัดแปลงสำหรับเด็ก อาหารเสริมสำหรับเด็ก ผลไม้สด ผักดองชนิดที่ปรุงแต่งทำให้เค็มหรือหวาน เนื้อสัตว์ทุกชนิดที่ปรุงแต่งรมควันทำให้แห้ง เนื้อสัตว์สดทุกชนิดยกเว้นเนื้อไก่ เนื้อสัตว์ทุกชนิดที่ปรุงแต่งทำให้เค็มหรือหวาน ผลไม้ดอง

2.5.6 อันตรายจากการใช้สีสังเคราะห์

สีสังเคราะห์เป็นสารแปลกปลอมผสมอาหาร และหากรับประทานเข้าไปในร่างกายก็ จะเกิดอันตรายได้ ทั้งนี้เนื่องจาก สาเหตุ 2 ประการ คือ

2.5.6.1 อันตรายจากสี เพราะสีทุกชนิดถ้าใช้มากเกินไป จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ไม่มากก็น้อย เนื่องจากเป็นสารแปลกปลอมเข้าไปในร่างกาย หากร่างกายขับถ่ายออกไม่ทันก็จะสะสม อยู่ในร่างกายแล้วอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายได้ เช่น สีพวกโรดามีนบี (Rhodamine B) เออรามีน (Auramine) มาลาไคท์ กรีน (Malachite green) และไวโอเลท บี เอ็น พี (Violet BNP) อาจทำให้เกิดผื่นที่ผิวหนัง หน้าบวม อาเจียน ท้องเดิน อากาธา เพลีย และอ่อนแรงคล้ายเป็นอัมพาต การทำงาน ของระบบทางเดินอาหาร ไต และตับเสีย สีบางอย่างอาจทำให้เกิดมะเร็งที่ต่อมน้ำเหลือง และ อวัยวะอื่น ๆ

สีตาร์ตราซิน (สีเหลือง) ถ้ารับประทานเกิน 7.5 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะจับอยู่ตามเยื่อบุกระเพาะอาหารและลำไส้ ทำให้การดูดซึมของอาหาร บกพร่องไป สำหรับสี ซันเซ็ท เยลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (สีเหลือง) ถ้ารับประทานเกิน 5.0 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม จะทำให้ ท้องเดิน น้ำหนักลด

2.5.6.2 อันตรายจากสารอื่น คือสารที่ติดตามเนื่องจากการสังเคราะห์หรือจาก กระบวนการผลิตที่แยกเอาสารเจือปนออกไม่หมดสารดังกล่าวได้แก่ โลหะหนักต่างๆ เช่น โครเมียม แคดเมียม พรอท ตะกั่ว สารหนู พลวง และเซเซเนียม เป็นต้น ซึ่งมีอยู่กับ สีย้อมผ้า แพร เสื้อ และสีทา บ้าน โลหะหนักเหล่านี้จะเป็นอันตรายต่อร่างกายได้ แม้ได้รับเพียงปริมาณเล็กน้อยอาการอาจเป็นทั้ง อย่างฉับพลันและเรื้อรัง ซึ่งพิษ ของโลหะหนักนี้ถ้าเป็นมากอาจเป็นอันตรายแก่ชีวิตได้ นอกจากนั้นยังเป็นสาเหตุ ของมะเร็งที่อวัยวะอื่นๆ อีกด้วย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร ผู้ศึกษาได้ศึกษา เกี่ยวกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ดังนี้

2.6.1 งานวิจัยในประเทศ

นุชลี คนหลัก และอริสรา มะตัง (2555) ศึกษาเรื่อง การประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากการสกัดหยาบต้นป๊อปปี้งพืดและผลิตภัณฑ์ครีมนม พบว่าการสกัดเป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยก สารอินทรีย์ออกจากสารผสมวิธีที่นิยมใช้ในการสกัดได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย และการกลั่นด้วยไอ

น้ำโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายต้องเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสม ซึ่งจะต้องละลายสารอินทรีย์ที่ต้องการสกัดได้ดี และไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกับสารละลายของของผสม โดยการเลือกตัวทำละลายมีกฎว่าสิ่งที่เหมือนกันย่อมละลายในกันและกัน (Like dissolve like) คือสารที่มีขี้จะละลายในตัวทำละลายที่มีขี้ และสารที่ไม่มีขี้จะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ โดยในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของการสกัดหยาบจากส่วนใบ ต้น และรากของต้นป๊อปปิ่งพืด ด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และเอทานอล พบว่ามีความเข้มข้น 1,000 ppm ของสารสกัดหยาบจากใบ ต้น ราก ในชั้นไดคลอโรมีเทน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน และเอทานอล

วัลลภ สวัสดิวัลลภ (2535, หน้า 220) หมักพืชมัถนั้นได้ถือกำเนิดขึ้นมาพร้อมกับการสร้างสรรค์ของมนุษย์ในด้านการพิมพ์ โดยเริ่มจากการที่มนุษย์ก่อนประวัติศาสตร์นำสีธรรมชาติมาใช้ในการพิมพ์ภาพมือนบนผนังถ้ำ จนกระทั่งถึงสมัยอียิปต์และจีน และได้รับการพัฒนามาตามลำดับ โดยทั่วไปหมักพืชมัถมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 4 อย่าง คือ ตัวเนื้อสี ตัวน้ำ ตัวทำละลาย และตัวทำให้แห้ง แต่อันตรายที่เกิดจากหมักพืชมัถที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ แก่ร่างกายมนุษย์ได้แก่ ตัวทำให้แห้ง เพราะเป็นสารพิษจากสารประกอบจำพวก ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม แบเรียมและปรอท เป็นต้น เมื่อนำหมักพืชมัถดังกล่าว มาพิมพ์ลงบนกระดาษหรือบรรจุภัณฑ์ อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษแก่ร่างกายได้

สุรชัย ชันแก้ว และจันทิรา โกมาสสิต (2551, หน้า 364-371) ได้ทำการศึกษารวบรวม การเปรียบเทียบผลการกระจายตัวของผงสีดำด้วยสารลดแรงตึงผิวสำหรับผลิตหมักพืชมัถอิงค์เจ็ทฐานน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำสารลดแรงตึงผิวมาใช้เป็นสารช่วยกระจายผงสีดำ และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกระจายอนุภาคผงสีดำและเพื่อพัฒนาคุณสมบัติของหมักพืชมัถอิงค์เจ็ทฐานน้ำ โดยการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างทางเคมี 5 ชนิด โดยทำการกวนผสมผงสีดำที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 ของน้ำหนักสารละลายรวมของสารช่วยกระจายที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า สารลดแรงตึงผิวที่ใช้ทดลองคือช่วงความเข้มข้นร้อยละ 0.001 ถึง 0.01 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลการตกตะกอนของน้ำหนักตะกอนที่ได้และเวลาในการตกตะกอนพบว่า สาร Alcohol Ethoxylate ซึ่งมีค่า HLB เท่ากับ 12 มีการตกตะกอนของผงสีน้อยที่สุด และไม่พบการตกตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ตั้งแต่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักขึ้นไป

สุรชัย ชันแก้ว และคณะ (2553, หน้า 105-111) ได้ทำการศึกษารวบรวม ผลของหมักพืชมัถระบบพ่นหมักฐานน้ำชนิดใช้สารให้สีจากดีปลาหมัก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำสารสีที่เหลือทิ้งจากดีปลาหมักจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล มาผลิตเป็นสารให้สีดำสำหรับผลิตเป็นหมักพืชมัถในระบบการพิมพ์ต่างๆ ซึ่งมุ่งพัฒนาให้เกิดการลดการใช้สารเคมีที่เป็นพิษในหมักพืชมัถ โดยทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสารสีจากดีปลาหมัก และความเป็นไปได้ในการใช้ผลิตเป็นสารให้สี ซึ่งพบว่าดีปลาหมักจากแหล่งผลิตแต่ละแห่ง มีค่าความหนืด และปริมาณความเข้มข้นของสารให้สีแตกต่างกัน สังเกตได้จากการดูดกลืนแสง ซึ่งเกิดจากการถูกเจือจางในกระบวนการชะล้างดีปลาหมักสด ที่เหมาะสมสำหรับใช้ผลิตเป็นสารให้สีสำหรับหมักพืชมัถ จากการทำแห้งผงหมักพืชมัถด้วยเทคนิคพ่นแห้งแบบฝอย สารสีจากดีปลาหมักสามารถผลิตเป็นผงสีดำได้ในอัตราส่วนโดยเฉลี่ย 1 : 1.32 ลักษณะของผงสีจากดีปลาหมักมีรูปร่างกลม และเป็นหลุมตรงกลางแต่จากการทดสอบพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทชนิดไพโซอิเล็กทริกส์ พบว่า หมักพืชมัถเกิดการอุดตันไม่สามารถพิมพ์ออกได้ ซึ่งอาจเกิดได้จากรูปร่างของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จนลดขนาดได้ยาก

อภิญา ภู่ง (2554) ทำการวิจัยในเรื่อง การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตทดแทนซิลิกาใน สารเคลือบกระดาษหนังสือพิมพ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพงานปฐุระบบพ่นหมึก เพื่อปรับปรุงคุณภาพ งานปฐุระบบพ่นหมึกบนกระดาษหนังสือพิมพ์ สำหรับใช้ในการจำลองงานพิมพ์โดยการใช้สารสี คือ ซิลิกาและแคลเซียมคาร์บอเนต ใช้สารยึดติด พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และใช้สารยึดร่วมคือคาร์บอกซี เมทิลเซลลูโลส จากนั้นนำสารไปเคลือบบนผิวกระดาษหนังสือพิมพ์ด้วยแท่งขดลวด แล้วนำกระดาษ เคลือบไปตรวจสอบคุณสมบัติ เช่น เหนือสีของกระดาษเคลือบ น้ำหนัก ความหนา หลังจากนั้นนำไป พิมพ์ภาพแบบทดสอบ ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึก และนำมาวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์จากค่า ความดำพื้นที่ ค่าเม็ดสกรีนบวม ความคมชัดของตัวอักษร และการซึมเข้าหากันของหมึกพิมพ์ จาก การวิเคราะห์พบว่า สารเคลือบที่มีสัดส่วนของซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตเป็น 100 : 0 และ 75 : 25 ให้คุณภาพงานพิมพ์ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งดีกว่าสัดส่วนอื่น และกระดาษไม่เคลือบผิว ตามลำดับ

เกสร นันทจิต และ คณะ (2550) ทำการวิจัยเรื่อง ชนิดและปริมาณสีสังเคราะห์ในน้ำ อุ่นที่เป็นเครื่องต้มในภาชนะปิดสนิท ในการวิเคราะห์หาสีอินทรีย์สังเคราะห์ในตัวอย่างน้ำอุ่นที่เป็น เครื่องต้มในภาชนะปิดสนิท 10 ตัวอย่าง เกี่ยวกับสีสังเคราะห์ที่ใช้ผสมอาหารที่ไม่ถูกต้องตาม พ.ร.บ. อาหาร 2547 พบว่า 4 ตัวอย่างใส่สีที่ไม่อนุญาต 2 ตัวอย่างใส่สีที่อนุญาตแต่มีปริมาณเกินที่กำหนดไว้ และไม่มีสี 4 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นไปตามที่ฉลากระบุไว้ ซึ่งจากผลการวิจัยนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะไป กระตุ้นกระทรวงสาธารณสุขให้ความสนใจและทำการควบคุมเรื่องนี้มากขึ้น

หนูเดือน สารบุตร และคณะ (2556) ทำการผลิตผงสีจากมะนาวโทที่ใช้สารตัวพา เป็นมอลโตเด็กซ์ทรินสามารถเติมสารมอลโตเด็กซ์ทรินได้ร้อยละ 10-16 โดยน้ำหนักและเมื่อเติมใน ขนมพายฝ้าย ผู้บริโภคให้การยอมรับรวม มีค่าคะแนน ความชอบในช่วงมีความชอบถึง ชอบมาก คุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์พบว่าการเติมผงสีมะนาวโทที่มีมอลโทเด็กซ์ทริน ร้อยละ 13 ผู้บริโภคให้ คะแนนความชอบมากที่สุด

อรพิน ชัยประสพ (2553) ทำการผลิตสีผงจากผลแก้วมังกรพันธุ์สีแดงโดยวิธีอบแห้ง แบบโฟมเมทแล้วนำไปบดเป็นผง แล้วศึกษาสภาวะในการเก็บรักษาแก้วมังกรผงเพื่อให้เก็บได้นาน และยังคงคุณภาพ สีแดงผงจากผลแก้วมังกรที่ได้มีความชื้นต่ำ และสามารถนำไปแต่งสีอาหารให้สีสวย สด ทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

เสรี สุขุมลพันธ์ (2545) ได้ศึกษาการผลิตผงสีธรรมชาติจากกระเจี๊ยบแดงเพื่อ นำไปใช้เป็นสีย้อมกระดาษพบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารละลายจากดอกกระเจี๊ยบแดง โดยการสกัดน้ำคือการสกัดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการสกัด 60 นาที ใช้อัตราส่วนของดอกกระเจี๊ยบแดงบดอบแห้งต่อน้ำเท่ากับ 1 : 10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หลังจากนั้นนำสารละลายที่ สกัดได้ไปทำแห้งแบบพ่นฝอยในระดับนําร่อง ได้ผลผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ผงสีธรรมชาติจากดอก กระเจี๊ยบแดง 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกระเจี๊ยบแดงบดอบแห้งเริ่มต้น ผงสีที่ได้แบ่งเป็นผงสีที่ได้ จากส่วนแยกสี Cycloneseparator (17.3 เปอร์เซ็นต์) และผงสีที่ได้จากห้องทำแห้ง drying chamber (82.7 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณความชื้น 3.48 เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรด 21.50 เปอร์เซ็นต์ ในรูปของกรดซิตริก มีค่าสี L^*a^*b เท่ากับ 26.32 30.09 5.24 ตามลำดับ

กัจกร แซ่เจียง (2544) ได้ศึกษาผงสีย้อมจากกลีบดอกดาวเรืองพบว่า อัตราส่วน อุณหภูมิ และระยะเวลาในการสกัดมีผลต่อค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าเปอร์เซ็นต์แสง

ส่องผ่าน ค่าการดูดกลืนคลื่นแสง และค่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ซึ่งการสกัดน้ำสีจากกลีบดอกดาวเรืองโดยใช้อัตราส่วนของกลีบดอกดาวเรืองต่อน้ำกลั่น เท่ากับ 1 ต่อ 20 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และระยะเวลา 30 นาที ให้ผลดีที่สุด

กิติมา เหมวงษา (2549) การผลิตผงสีจากแครอทและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารพบว่า การสกัดสีจากแครอทด้วยเอนไซม์เพกทิเนส แซ่สารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.2 เป็นเวลา 15 นาที ลวกด้วยไอน้ำ เป็นเวลา 12 นาที จากนั้นนำมาบดให้ละเอียดปรับค่าความเป็นกรด-เบส ให้เท่ากับ 2.5 ด้วยกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 50 บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สกัดสารสีจากแครอทโดยใช้อัตราส่วนแครอทต่อสารละลายเอนไซม์ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.4 เท่ากับ 1: 10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) และสกัดที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที นำมาเติมมอลโทเดกซ์ทริน D.B. 10 ปริมาณร้อยละ 10 ทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 12.48 ก่อนนำไปพ่นแห้ง ผงสีที่ผลิตได้มีสีเหลืองอ่อน ค่าสี L^* , c^* และ h^* เท่ากับ 83.26, 23.20 และ 73.58 องศาตามลำดับ

อรุษา เขาวนลิขิต และ อีรารินทร์ อิทธิโสภณกุล (2554) ได้ศึกษาผลของกระบวนการระเหยและกรดแอสคอร์บิกต่อปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดจากเปลือกมังคุด และศึกษาผลของ Maltodextrin (DE10 และ DE18) ต่อปริมาณแอนโทไซยานินของผงสีจากเปลือกมังคุดที่ผ่านการทำแห้งแบบสุญญากาศ และการทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า กรดแอสคอร์บิกมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดจากเปลือกมังคุด โดยการระเหยในสภาวะสุญญากาศสามารถรักษาแอนโทไซยานินได้มากกว่าการระเหยในสภาวะความดันอากาศปกติ

สารสกัดที่ได้จากการระเหยด้วยเครื่อง Rotary evaporator ร่วมกับการเติมกรดแอสคอร์บิก 0.1% มีปริมาณสารแอนโทไซยานินมากที่สุด คือ 11.61 ± 0.60 mg/100 ml เมื่อนำสารสกัดผสมกับ Maltodextrin (DE10 และ DE18) และทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศและเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย พบว่า Maltodextrin มีผลต่อการรักษาแอนโทไซยานินในระหว่างการอบแห้ง โดยผงสีจากสารสกัดที่ผสม Maltodextrin และผ่านการอบแห้งแบบสุญญากาศสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้ถึง 65-82 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การผ่านการอบแห้งแบบพ่นฝอยสามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินได้เพียง 19-31 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำผงสีไปละลายน้ำและผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 70 80 และ 90 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 120 นาที พบว่า อุณหภูมิและระยะเวลามีผลทำให้ปริมาณแอนโทไซยานินลดลง

2.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

มาร์คัส อาร์ โมบฮามเมอร์ และคณะ (Markus R. Mobhammer, et al.) (2007 , pp.21) ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ความคงตัวของสีส้มเหลืองของสารปีตาเลนจากผลแคคตัสที่มีผลกระทบต่อน้ำผลไม้สดและการเลือกใช้สารปรุงแต่งอาหาร พบว่า ในการเพิ่มสาร แอสโคโรบิก ไอโซแอสโคโรบิก และ โคตริก แอซิด ในการวิเคราะห์ความเสถียรต่ออุณหภูมิของสารปีตาเลนจากผลแคคตัสที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างที่ 4 และ 6 ซึ่งจะดูในเรื่องความคงที่ของสารสีจะสามารถดูได้จากค่าความเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ความคงที่ของสารสี และลักษณะเฉพาะของสีจะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของสารเติมแต่งที่เติมลงไป และในการศึกษาสามารถรักษาความเป็นสีของสารสีได้ถึง 79% เมื่อเติมสาร โคตริก แอซิด ที่ระดับความเข้มข้น 0.1%

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ความเสถียรต่ออนุมูลอิสระของสารปีตาเลนจากผลแคคตัสที่ pH 4 พบว่า การเติมกรดไอโซแอสคอร์บิก isoascorbic ในน้ำผลแคคตัสสีส้มเหลืองจะเหมาะกับการนำไปใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ผสมอาหาร

โซเนีย พี เอ็ม เวนท์รา และคณะ (So'nia P. M. Ventura, et al.) (2013) ได้กล่าวว่า เนื่องจากในปัจจุบันมีความต้องการสารให้สีธรรมชาติมีความต้องการเพิ่มขึ้น และมีระบบวิธีการแยกสารแบบใหม่ที่มีอัตราการสกัดสารที่ได้ผลดี จึงได้วิจัยเกี่ยวกับเรื่อง การแยกสารให้สีธรรมชาติสีแดงจากน้ำหมักโดยใช้ระบบการแยกชั้นของเหลวด้วยไอออนิกเหลว เพื่อทำการแยกสารให้สีสีแดงที่เกิดจากโปรตีนที่อยู่ในน้ำหมัก พบว่า สามารถทำการแยกได้ชั้นสารให้สีสีแดงในปริมาณมาก

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

โครงการวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการสกัดสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติเพื่อผลิตผงสีที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมีวิธีการวิจัย ดังนี้

3.1 สารตัวอย่าง (พืชและสมุนไพร)

ศึกษาข้อมูลเรื่องสีจากธรรมชาติที่ให้เฉดสีใกล้เคียงกับแม่สีหลักทางการพิมพ์ ได้แก่ สีน้ำเงินเขียว (Cyan) สีม่วงแดง (Magenta) สีเหลือง (Yellow) และสีดำ (Black)

- 3.1.1 กลุ่มสีม่วงแดง คือ กระจี้ยบ ฟาง หมากเม่า กะหล่ำปลีม่วง และถั่วดำ
- 3.1.2 กลุ่มสีดำ คือ หญ้าเนาก้าย หล่อฮั้งก้วย และมะเกลือ
- 3.1.3 กลุ่มสีเหลือง คือ ดาวเรือง ดอกคำฝอย และมะตูม
- 3.1.4 กลุ่มสีน้ำเงินเขียว คือ อัญชันสด อัญชันแห้ง คราม และหว่า



ก. กลุ่มสีม่วงแดง



ข. กลุ่มสีดำ



ค. กลุ่มสีเหลือง



ง. กลุ่มสีน้ำเงินเขียว

ภาพที่ 3.1 พืชและสมุนไพรต่างๆ

- ก. กลุ่มสีแดง คือ กระจี้บ ผาง หมากเฒ่า กะหล่ำปสีมวง และถั่วดำ
- ข. กลุ่มสีดำ คือ หญ้าเฒ่าก้วย หล่อฮั้งก้วย และมะเกลือ
- ค. กลุ่มสีเหลือง คือ ดาวเรือง ดอกคำฝอย และมะตูม
- ง. กลุ่มสีน้ำเงินเขียว คือ อัญชัน คราม และหว่า

ที่มา: <http://www.samunpri.com/กระจี้บแดง>,
<http://www.bookmuey.com/images/sappanTree00006.jpg>, <http://frynn.com/มะเฒ่า/>, <http://th.theasianparent.com/อาหาร-20-อย่างที่ดีต่ำกว่า-40-แคลอรี/>,
https://th.wikipedia.org/wiki/ถั่วดำ#/media/File:Black_gram.jpg,
http://9leang.com/wp-content/uploads/2012/06/IMG_1883-600.jpg?844e19,
<http://www.jiankangherbs.com/content/image/product2-20140330-165719.jpg>,
<http://frynn.com/wp-content/uploads/2013/09/ผลมะเกลือ.jpg>,
<http://frynn.com/wp-content/uploads/2014/03/ดาวเรือง.jpg>,
<http://frynn.com/wp-content/uploads/2013/09/ดอกคำฝอย.jpg>,
http://www.jiankangherbs.com/content/image/product_other-20150806-1639090.jpg,
<http://frynn.com/wp-content/uploads/2014/02/คราม.jpg>,
<http://frynn.com/wp-content/uploads/2013/07/Jambul-1.jpg>.

3.2 เครื่องมือและสารเคมี

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาขั้นตอนการดำเนินการตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีดังนี้

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดสารให้สี

- 1) Beaker
- 2) เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Denver รุ่น TB-4002 ประเทศอเมริกา
- 3) Hot Plate ยี่ห้อ EGO รุ่น 18715 ประเทศเยอรมัน
- 4) Cylinder
- 5) Conical Flask
- 6) Funnel
- 7) กระดาษกรอง ยี่ห้อ Whatman เบอร์ 1 และ 93
- 8) ขวดแก้วบรรจุสาร

9) Spectrophotometer ยี่ห้อ Gretag Macbeth X-Rite รุ่น Eye One ประเทศอเมริกา

10) Dropper

11) Stirrer

12) ซ้อนตักสาร

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการสกัดสารให้สี

1) เอทานอล (ที่หมักจากอ้อย และมันสำปะหลัง)

2) ปูนแดง (สำหรับกินหมาก)

3) น้ำกรอง

4) เบสครีม

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตผงสี

1) เครื่องระเหยสารแบบลดความดัน ยี่ห้อ BUCHI รุ่น R-210 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

2) เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dry) ยี่ห้อ BUCHI รุ่น Mini Spray Dryer B-290 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

3) เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Gretag Macbeth X-Rite รุ่น Eye One ประเทศอเมริกา

4) ภาชนะสำหรับใส่ผงสี

3.2.4 สารเคมีที่ใช้ในการผลิตผงสี

1) Maltodextrin (DE10 และ DE18) ยี่ห้อ Dong Xiao

3.3 วิธีดำเนินการ

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างพืชและสมุนไพร โดยจะแบ่งเป็นการเตรียมตัวอย่างพืชและสมุนไพร ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสีจากวัสดุธรรมชาติโดยการสกัดด้วยน้ำ

3.3.1.1 การเตรียมตัวอย่างพืช นำพืชมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง และทำให้มีขนาดเล็กกลง เตรียมพร้อมชั่งน้ำหนักก่อนทำการสกัด

3.3.1.2 การเตรียมตัวอย่างสมุนไพร นำสมุนไพรมาทำให้มีขนาดเล็กกลง เตรียมพร้อมชั่งน้ำหนักก่อนทำการสกัด

จากนั้นนำวัสดุธรรมชาติมาอบให้แห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง บดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด แล้วร่อนผ่านตะแกรงร่อนแยกขนาด ขนาด 10 เมช

3.3.2 นำวัสดุธรรมชาติอบแห้งมาสกัดสารละลายสีโดยการสกัดด้วยน้ำในสภาวะเปิด ในการศึกษาใช้การวางแผนการทดลองศึกษาปัจจัยดังนี้

3.3.2.1 เวลาในการสกัด 3 ระดับ คือ 40 60 และ 80 นาที

3.3.2.2 การชั่งน้ำหนัก นำพืชและสมุนไพรมาชั่งน้ำหนัก อัตราส่วน วัสดุธรรมชาติ คือ 30 40 และ 50 กรัม ต่อน้ำ 200 มิลลิลิตร

3.3.3 การสกัด

นำพืชและสมุนไพรมาสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยแช่ด้วยน้ำและเอทานอล พร้อมทั้งให้ความร้อน จากนั้นกรองสารละลายเพื่อเก็บสารที่สกัดได้ ทำซ้ำ 3 ครั้ง ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 3.3.1 – 3.3.3

3.3.4 วิเคราะห์สารละลายสีจากวัสดุธรรมชาติที่สกัดได้โดยคำนวณหาปริมาณน้ำหนักแห้ง (%Yield)

3.3.5 ศึกษาการผลิตผงสีธรรมชาติจากวัสดุธรรมชาติโดยกระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอยในระดับนำร่อง (pilot plant scale)

3.3.5.1 สกัดสารละลายสีจากวัสดุธรรมชาติ โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากการศึกษาข้อ 3.3.1-3.3.4 โดยเปลี่ยนสถานะบรรจุจากบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เป็นหม้อสเตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้ว วิเคราะห์สารละลายสีจากวัสดุธรรมชาติที่สกัดได้ตามการทดลองข้อ 3.3.4

3.3.5.2 นำสารสีที่ได้ไปวัดค่า CIEL*a*b* โดยนำกระดาษปอนด์ 80 แกรม ขนาด 3x3 เซนติเมตร จุ่มย้อมในสารสีที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วินาที นำขึ้นมาตากให้แห้งในที่ร่ม แล้วนำไปวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Spectrophotometer

3.3.5.3 ระเหยน้ำออกจากสารละลายที่สกัดได้ ด้วยเครื่องระเหยสารแบบลดความดัน (Rotary Evaporator) วิเคราะห์สารสีจากวัสดุธรรมชาติหลังระเหยน้ำออกตามการทดลองข้อ 3.3.4

3.3.5.4 นำสารสีที่สกัดได้มาทำแห้งโดยใช้กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย

3.3.5.5 นำผงสีจากวัสดุธรรมชาติที่ได้จากการทำแห้งมาวิเคราะห์ค่าสี โดยนำผงสีไปละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้มีค่าความแตกต่างสีใกล้เคียงกับค่าสีของสารละลายสีก่อนทำเป็นผงสี โดยทำแบบเดียวกับขั้นตอนในข้อ 3.3.5.2

3.3.6 ศึกษาผลกระทบของผงสีจากวัสดุธรรมชาติที่มีผลต่อผู้บริโภค โดยการตรวจสอบสารตกค้างในผงสีที่ผลิตได้

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 เก็บรวบรวมข้อมูลและนำเสนอในรูปแบบของตาราง

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 นำผงสีที่ผ่านกระบวนการสกัดผงสีโดยสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ วัดค่าสี $L^* a^* b^*$ ที่ใกล้เคียง ISO 12647-5 และการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 103)

3.5.2 บันทึกผลการทดสอบลงในตาราง

3.5.3 สรุปข้อมูลจากผลการทดสอบ

3.5.4 อภิปรายผลการทดสอบ

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการสกัดสารสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตผงสีที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อศึกษาการสกัดสารสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และนำไปผลิตผงสีที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล และแสดงผลข้อมูลต่างๆ โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 4.1 สารสกัดสีม่วงแดง
- 4.2 สารสกัดสีเหลือง
- 4.3 สารสกัดสีน้ำเงินเขียว
- 4.4 สารสกัดสีดำ
- 4.5 การผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ
- 4.6 การตรวจสอบสารตกค้างในผงสี

4.1 สารสกัดสีม่วงแดง

การสกัดสารสีกลุ่มสีม่วงแดง ได้ทำการคัดเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีออกสีม่วงแดง ได้แก่ ฝาง หมากเม่า และกระเจี๊ยบแดง มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วนวัสดุธรรมชาติ 50 กรัม ต่อ ตัวทำละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร และเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน (ISO 12647-6) (Standardization, 2006) มากที่สุด ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 4.1 เพื่อนำวัสดุธรรมชาติที่ได้มาผลิตเป็นผงสีต่อไป

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีม่วงแดงที่สกัดด้วยน้ำหรือแอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง

ครั้งที่	ค่าความแตกต่างสี (ΔE)					
	ฝาง		หมากเม่า		กระเจี๊ยบแดง	
	น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์
1	83.8	79.3	50.3	53.6	25.1	49.4
2	83.8	76.5	49.3	52.2	24.8	49.8
3	83.8	76.3	49.7	52.4	24.8	49.8
เฉลี่ย	83.8	77.4	49.8	52.7	24.9	49.6

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 54, 58, -2 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกระเจี๊ยบแดง มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 24.9 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

4.2 สารสกัดสีเหลือง

การสกัดสารสีกลุ่มสีเหลือง ได้ทำการคัดเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีออกสีเหลือง ได้แก่ แยม ดอกคำฝอย และเมล็ดพุทจีน มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วนวัสดุธรรมชาติ 50 กรัม ต่อ ตัวทำละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร และเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน (ISO 12647-6) มากที่สุด ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 4.2 เพื่อนำวัสดุธรรมชาติที่ได้มาผลิตเป็นผงสีต่อไป

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีเหลืองที่สกัดด้วยน้ำหรือแอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง

ครั้งที่	ค่าความแตกต่างสี (ΔE)					
	แยม		ดอกคำฝอย		เมล็ดพุทจีน	
	น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์
1	26.7	55.3	22.7	67.7	26.2	35.5
2	26.4	59.2	22.6	68.3	21.3	30.4
3	28.9	57.0	21.2	69.6	20.8	26.2
เฉลี่ย	27.3	57.2	22.2	68.5	22.8	30.7

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 86, -4, 75 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากดอกคำฝอย มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 22.2 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

4.3 สารสกัดสีน้ำเงินเขียว

การสกัดสารสีกลุ่มสีน้ำเงินเขียว ได้ทำการคัดเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียว ได้แก่ ดอกอัญชันสดและดอกอัญชันแห้ง มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วนวัสดุธรรมชาติ 50 กรัม ต่อ ตัวทำละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร และเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน (ISO 12647-6) มากที่สุด ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 4.3 เพื่อนำวัสดุธรรมชาติที่ได้มาผลิตเป็นผงสีต่อไป

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียวที่สกัดด้วยน้ำหรือแอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง

ครั้งที่	ค่าความแตกต่างสี (ΔE)			
	ดอกอัญชันสด		ดอกอัญชันแห้ง	
	น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์
1	51.5	61.3	47.8	63.3
2	52.2	61.0	47.6	63.9
3	51.5	61.2	46.4	63.5
เฉลี่ย	51.7	57.2	47.3	63.6

จากตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 58, -25, -43 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากดอกอัญชันแห้ง มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 47.3 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

4.4 สารสกัดสีดำ

การสกัดสารสีกลุ่มสีดำ ได้ทำการคัดเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำ ได้แก่ กาแฟและหล่อฮังก้วย มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วนวัสดุธรรมชาติ 50 กรัม ต่อตัวทำละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร และเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน (ISO 12647-6) มากที่สุด ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 4.4 เพื่อนำวัสดุธรรมชาติที่ได้มาผลิตเป็นผงสีต่อไป

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำที่สกัดด้วยน้ำหรือแอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง

ครั้งที่	ค่าความแตกต่างสี (ΔE)			
	กาแฟ		หล่อฮังก้วย	
	น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์
1	48.9	63.6	54.5	63.9
2	48.2	63.6	80.3	63.9
3	48.4	62.9	78.4	64.6
เฉลี่ย	48.5	63.4	71.1	64.2

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 31, 1, 1 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกาแฟ มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 48.5 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

เนื่องจากค่าความแตกต่างของสีที่ได้มีค่าค่อนข้างสูง จึงทำการปรับปรุงด้วยวิธีการนำไปผสมกับสารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากดอกอัญชันแห้งที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร ที่มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 47.3 ในอัตราส่วน สารสีดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำจากกาแฟ และ หล่อฮังก้วย ที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร ต่อ สารสีน้ำเงินเขียวที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากดอกอัญชันแห้งที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร เท่ากับ 75:25 ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 4.5 เพื่อนำวัสดุธรรมชาติที่ได้มาผลิตเป็นผงสีต่อไป

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำที่สกัดจากกาแฟ และ หล่อฮังก้วย ผสมดอกอัญชันแห้งที่สกัดด้วยน้ำหรือแอลกอฮอล์ ในอัตราส่วน 75:25 โดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง

ครั้งที่	ค่าความแตกต่างสี (ΔE)			
	กาแฟผสมดอกอัญชันแห้ง		หล่อฮังก้วยผสมดอกอัญชันแห้ง	
	น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์
1	40.2	62.8	40.5	61.7
2	38.4	63.3	41.8	62.2
3	40.5	60.3	41.0	63.7
เฉลี่ย	39.7	62.2	41.1	62.5

จากตารางที่ 4.5 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 31, 1, 1 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกาแฟผสมกับอัญชันแห้ง ในอัตราส่วน 75:25 มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 39.7 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

4.5 การผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ

จากการนำวัสดุธรรมชาติที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำหรือแอลกอฮอล์ นำไปผ่านกระบวนการทำผงโดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer) โดยใช้ปริมาณสารสกัดสีเท่ากับ 100 มิลลิลิตร ซึ่งปริมาณผงสีที่ได้จากสารสกัดวัสดุธรรมชาติสามารถแสดงดังตารางที่ 4.6 – 4.9

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีม่วงแดง

ปริมาณผงสีจากวัสดุธรรมชาติ (หน่วย: กรัม)					
ฝาง		หมากเม่า		ดอกกระเจี๊ยบแดง	
น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์
0.18	0.07	7.10	0.07	7.28	0.08

จากตารางที่ 4.6 พบว่าผลการผลิตผงสีม่วงแดงจากวัสดุธรรมชาติด้วยกระบวนการทำผง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ดอกกระเจี๊ยบแดงที่สกัดด้วยน้ำให้ปริมาณผงสีมากที่สุด เท่ากับ 7.28 กรัม จากสารสกัดสีปริมาณ 100 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.7 แสดงปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีเหลือง

ปริมาณผงสีจากวัสดุธรรมชาติ (หน่วย: กรัม)					
แยม		เม็ดพุดจิ้น		ดอกคำฝอย	
น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์
0.60	0.03	0.93	0.07	0.93	0.05

จากตารางที่ 4.7 พบว่าผลการผลิตผงสีเหลืองจากวัสดุธรรมชาติด้วยกระบวนการทำผง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย เม็ดพุดจิ้นและดอกคำฝอยที่สกัดด้วยน้ำให้ปริมาณผงสีมากที่สุด เท่ากับ 0.93 กรัม จากสารสกัดสีปริมาณ 100 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.8 แสดงปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียว

ปริมาณผงสีจากวัสดุธรรมชาติ (หน่วย: กรัม)			
ดอกอัญชันสด		ดอกอัญชันแห้ง	
น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์
0.06	0.03	5.16	0.27

จากตารางที่ 4.8 พบว่าผลการผลิตผงสีน้ำเงินเขียวจากวัสดุธรรมชาติด้วยกระบวนการทำผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย ดอกอัญชันแห้งที่สกัดด้วยน้ำให้ปริมาณผงสีมากที่สุด เท่ากับ 5.16 กรัม จากสารสกัดสีปริมาณ 100 มิลลิลิตร

ตารางที่ 4.9 แสดงปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำ

ปริมาณผงสีจากวัสดุธรรมชาติ (หน่วย: กรัม)			
กาแฟผสมดอกอัญชันแห้ง		หล่อฮังถั้วผสมดอกอัญชันแห้ง	
น้ำ	แอลกอฮอล์	น้ำ	แอลกอฮอล์
11.41	0.10	2.43	0.05

จากตารางที่ 4.9 พบว่าผลการผลิตผงสีดำจากวัสดุธรรมชาติด้วยกระบวนการทำผงโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย กาแฟผสมดอกอัญชันแห้งที่สกัดด้วยน้ำให้ปริมาณผงสีมากที่สุดเท่ากับ 11.41 กรัม จากสารสกัดสีปริมาณ 100 มิลลิลิตร

และจากการศึกษาของ หนูเดือน สาระบุตร และคณะ (2556) ได้ทำการผลิตผงสีจากมะนาวโห่ที่ใช้สารตัวพาเป็นมอลโตเด็กซ์ตรินเพื่อเพิ่มปริมาณของผงสีให้ได้มากขึ้น ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองใส่สารมอลโตเด็กซ์ตริน ปริมาณ 5 กรัม ลงในสารละลายสีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ที่สกัดจากวัสดุธรรมชาติด้วยสารละลายน้ำที่ให้ปริมาณผงสีมากที่สุดในแต่ละสีก่อนการทำแห้งพ่นฝอย ซึ่งปริมาณผงสีที่ได้จากสารละลายสีที่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตริน แสดงผลดังตารางที่ 4.10 – 4.11

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากสารละลายสีที่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตริน

ปริมาณผงสีจากวัสดุธรรมชาติที่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตริน (หน่วย: กรัม)				
สารละลาย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
สีม่วงแดง	16.85	17.93	17.58	17.45
สีเหลือง	6.38	6.15	6.63	6.39
สีน้ำเงินเขียว	10.65	10.82	11.34	10.94
สีดำ	17.05	17.15	17.65	17.28

จากตารางที่ 4.10 พบว่าผงสีที่ผลิตได้มีปริมาณมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผงสีที่ผลิตจากสารละลายสีที่ไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตรินหลังหักปริมาณสารมอลโตเด็กซ์ตริน จำนวน 5 กรัม สามารถแสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณผงสีที่ผลิตได้จากสารละลายสีที่ใส่และไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตริน

ปริมาณผงสีจากวัสดุธรรมชาติ (หน่วย: กรัม)				
สารละลาย	ไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตริน	ใส่สารมอลโตเด็กซ์ตริน 5 กรัม	หักสารมอลโตเด็กซ์ตริน 5 กรัม	ปริมาณผงสีเพิ่มขึ้น (%)
สีม่วงแดง	7.28	17.45	12.45	71
สีเหลือง	0.93	6.39	1.39	49
สีน้ำเงินเขียว	5.16	10.94	5.94	15
สีดำ	11.41	17.28	12.28	8

จากตารางที่ 4.11 พบว่าผงสีสีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำที่ผลิตได้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผงสีที่ผลิตจากสารละลายสีที่ไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ทริน มีค่าเท่ากับ 71, 49, 15 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

และเมื่อนำผงสีที่ผลิตได้ทั้งแบบที่ไม่ใส่และใส่สารมอลโตเด็กซ์ทรินมาทำการละลายน้ำที่ปริมาตร 5 มิลลิลิตรกับผงสีในปริมาณต่างๆ เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมที่สุดโดยดูจากค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน (ISO 12647-6) ที่แสดงดังตารางที่ 4.12 – 4.15

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีม่วงแดง ที่ใส่และไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ทรินโดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง

ครั้งที่	ค่าความแตกต่างสี (ΔE) ของปริมาณผงสีสีม่วงแดง (หน่วย: กรัมต่อน้ำ 5 มิลลิลิตร)							
	0.10		0.20		0.30		0.40	
	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่
1	50.7	57.9	30.4	43.4	27.5	34.7	26.5	31.3
2	51.2	54.8	29.0	43.6	28.2	34.0	26.0	30.7
3	47.4	55.9	29.2	43.6	28.2	33.0	25.3	29.7
เฉลี่ย	49.7	56.2	29.5	43.5	28.0	33.9	25.9	30.6

จากตารางที่ 4.12 พบว่าเมื่อนำค่าสีของผงสีที่นำมาละลายน้ำแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 54, 58, -2 ปริมาตรผงสีสีม่วงแดงที่มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ ผงสีที่ไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ทรินที่ปริมาตร 0.40 กรัม ต่อน้ำ 5 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 25.9

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีเหลือง ที่ใส่และไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ทรินโดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง

ครั้งที่	ค่าความแตกต่างสี (ΔE) ของปริมาณผงสีสีเหลือง (หน่วย: กรัมต่อน้ำ 5 มิลลิลิตร)							
	0.10		0.20		0.30		0.40	
	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่
1	27.7	53.9	23.2	35.5	22.7	30.4	27.4	28.3
2	27.6	52.6	23.4	36.0	22.6	31.5	25.4	30.1
3	27.4	53.0	23.2	35.4	21.2	27.0	26.6	30.1
เฉลี่ย	27.6	53.2	23.2	35.6	22.2	29.7	26.5	29.5

จากตารางที่ 4.13 พบว่าเมื่อนำค่าสีของผงสีที่นำมาละลายน้ำแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 86, -4, 75 ปริมาตรผงสีสีเหลืองที่มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ ผงสีที่ไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ทรินที่ปริมาตร 0.30 กรัม ต่อน้ำ 5 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 22.2

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียวที่ใส่และไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ทรินโดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง

ครั้งที่	ค่าความแตกต่างสี (ΔE) ของปริมาณผงสีสีน้ำเงินเขียว (หน่วย: กรัมต่อน้ำ 5 มิลลิลิตร)							
	0.10		0.20		0.30		0.40	
	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่
1	56.8	47.3	54.3	52.4	55.9	51.6	53.5	51.5
2	56.3	54.2	53.9	51.9	55.2	49.7	53.7	51.2
3	56.3	54.4	53.9	52.3	54.8	51.9	54.2	50.3
เฉลี่ย	56.5	52.0	54.0	52.2	55.3	51.1	53.8	51.0

จากตารางที่ 4.14 พบว่าเมื่อนำค่าสีของผงสีที่นำมาละลายน้ำแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 58, -25, -43 ปริมาตรผงสีสีน้ำเงินเขียวที่มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ ผงสีที่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ทรินที่ปริมาตร 0.40 กรัม ต่อน้ำ 5 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 51.0

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำที่ใส่และไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ทรินโดยหยดลงบนกระดาษจำนวน 3 ครั้ง

ครั้งที่	ค่าความแตกต่างสี (ΔE) ของปริมาณผงสีสีดำ (หน่วย: กรัมต่อน้ำ 5 มิลลิลิตร)							
	0.10		0.20		0.30		0.40	
	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่	ไม่ใส่	ใส่
1	57.0	57.3	50.1	54.6	49.8	51.5	35.1	47.8
2	57.4	55.2	52.6	54.9	49.0	50.7	43.8	48.0
3	54.9	57.2	52.1	54.6	49.6	50.7	46.0	47.7
เฉลี่ย	56.5	56.6	52.4	54.7	49.3	51.0	44.9	47.8

จากตารางที่ 4.15 พบว่าเมื่อนำค่าสีของผงสีที่นำมาละลายน้ำแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 31, 1, 1 ปริมาตรผงสีสีดำที่มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ ผงสีที่ไม่ใส่สารมอลโตเด็กซ์ทรินที่ปริมาตร 0.40 กรัม ต่อน้ำ 5 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 44.9

4.6 การตรวจสอบสารตกค้างในผงสี

เนื่องจากงานวิจัยเป็นการผลิตผงสีเพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร จึงต้องทำการตรวจสอบสารตกค้างที่เกิดขึ้นในผงสีเพื่อให้ทราบถึงปริมาณสารตกค้าง เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างปลอดภัย ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงปริมาณสารตกค้างในผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติ

ชนิดสารตกค้าง	ปริมาณสารตกค้างในผงสีจากวัสดุธรรมชาติ (หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)			
	สีม่วงแดงจากดอกกระเจี๊ยบแดง	สีเหลืองจากดอกคำฝอย	สีน้ำเงินเขียวจากดอกอัญชันแห้ง	สีดำจากกาแฟผสมดอกอัญชันแห้ง 75:25
ปรอท	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ตะกั่ว	ไม่พบ	0.108*	ไม่พบ	ไม่พบ
แคดเมียม	0.045*	0.034*	ไม่พบ	ไม่พบ
สารหนู	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

* หมายเหตุ: ปรอท < 1 mg/kg, ตะกั่ว < 20 mg/kg, แคดเมียม < 1 mg/kg และสารหนู < 5 mg/kg (กิตติมา เหมวงษา, 2549)

จากตารางที่ 4.16 พบว่าผงสีที่มีการตรวจพบสารตกค้างจำพวกสารตะกั่ว ได้แก่ สีเหลืองจากดอกคำฝอย และจำพวกสารแคดเมียม ได้แก่ สีม่วงแดงจากดอกกระเจี๊ยบแดงและสีเหลืองจากดอกคำฝอย แต่ทั้งหมดมีปริมาณสารตกค้างไม่เกินปริมาณที่กำหนดในมาตรฐานของผงสีสำหรับอาหาร

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลโครงการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การผลิตผงสีสีม่วงแดง (Magenta) สีเหลือง (Yellow) สีน้ำเงินเขียว (Cyan) และสีดำ (Black) จากวัสดุธรรมชาติ เพื่อใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาตามขั้นตอน และวิธีการดำเนินการได้ผลการทดลองที่สามารถนำมาสรุปผลของการทำโครงการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.2 อภิปรายผลโครงการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการทำโครงการวิจัยเรื่องการผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติเพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมีกระบวนการทำโครงการวิจัยเริ่มตั้งแต่ การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุธรรมชาติที่จะนำมาใช้ในการสกัด เป็นสารให้สี จากนั้นนำมาสกัดด้วยวิธีการต้มด้วยตัวทำละลายน้ำและแอลกอฮอล์ตามอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อหาอัตราส่วนที่มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ใกล้เคียงกับค่าสีตามมาตรฐาน ISO 12647-6 จากนั้นนำสารสกัดสีที่ได้ไปทำการผลิตเป็นผงสี และทำการตรวจสอบสารตกค้างต่อไป จากผลของการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การสกัดสารสีม่วงแดง (Magenta) จากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ฝาง หมากเม่า และ กระเจี๊ยบแดง พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 54, 58, -2 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกระเจี๊ยบแดง มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 24.9 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

5.1.2 การสกัดสารสีเหลือง (Yellow) จากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ แยม ดอกคำฝอย และ เมล็ดพุทจีน พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 86, -4, 75 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากดอกคำฝอย มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 22.2 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

5.1.3 การสกัดสารสีน้ำเงินเขียว (Cyan) จากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ดอกอัญชันสดและดอก อัญชันแห้ง พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 58, -25, -43 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากดอกอัญชันแห้ง มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 47.3 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

5.1.4 การสกัดสารสีน้ำเงินเขียว (Cyan) จากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ กาแฟและหล่อฮั้งก้วย พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า $L^*a^*b^*$ เท่ากับ 31, 1, 1 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกาแฟ มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 48.5 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด แต่เนื่องจากค่าความแตกต่างของสีที่ได้มีค่าค่อนข้างสูง จึงทำการปรับปรุงด้วยวิธีการนำไปผสมกับสารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากดอก อัญชันแห้ง ที่มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 47.3 ในอัตราส่วน สารสีดำที่สกัด

ด้วยตัวทำละลายน้ำจากกาแฟและหล่อฮั้งก้วย ต่อ สารสีน้ำเงินเขียวที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากดอกอัญชันแห้ง เท่ากับ 75:25 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกาแฟผสมกับอัญชันแห้ง ที่อัตราส่วน 75:25 มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำลง คือ มีค่าสีเท่ากับ 39.7 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

5.1.5 การผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ โดยนำสารสกัดสีที่ได้ไปผ่านกระบวนการทำผงโดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยจากสารสกัดสีปริมาณ 100 มิลลิลิตร พบว่า สารสกัดสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติที่สกัดด้วยน้ำสามารถผลิตเป็นผงสีได้ปริมาณมากที่สุดในแต่ละสีซึ่งสามารถระบุแบ่งตามสารสกัดสีได้ดังต่อไปนี้

- 1) สีม่วงแดง ได้แก่ สารสกัดสีจากดอกกระเจี๊ยบแดง ที่ให้ปริมาณผงสี เท่ากับ 7.28 กรัม
- 2) สีเหลือง ได้แก่ สารสกัดสีจากดอกคำฝอยและเม็ดพุตจีน ที่ให้ปริมาณผงสี เท่ากับ 0.93 กรัม
- 3) สีน้ำเงินเขียว ได้แก่ สารสกัดสีจากดอกอัญชันแห้ง ที่ให้ปริมาณผงสี เท่ากับ 5.16 กรัม
- 4) สีดำ ได้แก่ สารสกัดสีจากกาแฟผสมดอกอัญชันแห้ง ที่ให้ปริมาณผงสี เท่ากับ 11.41 กรัม

และเมื่อทำการผสมสารตัวพำจำพวกมอลโตเด็กซ์ทริน ซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณของผงสีได้มากขึ้นในปริมาณ 5 กรัม ลงในสารสกัดสี และเมื่อนำไปผลิตเป็นผงสี พบว่า สีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำ สามารถนำไปผลิตเป็นผงสีได้ปริมาณเพิ่มขึ้น เท่ากับ 71, 49, 15 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อนำผงสีไปทำการละลายน้ำในอัตราส่วนต่างๆ ตั้งแต่ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 กรัม ต่อ น้ำ 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าสีเพื่อเปรียบเทียบกับค่าสีตามมาตรฐาน ISO 12647-6 พบว่า ปริมาณผงสีที่ให้ค่าความแตกต่างสีที่ดีที่สุดของผงสีสีม่วงแดงและสีดำ คือ ผงสีที่ไม่ใสสารมอลโตเด็กซ์ทรินที่ปริมาตร 0.4 กรัม ยกเว้นในส่วนองสีเหลือง อยู่ที่ 0.3 กรัม แต่ในส่วนผงสีสีน้ำเงินเขียว คือ ผงสีที่ใสสารมอลโตเด็กซ์ทรินที่ปริมาตร 0.4 กรัม โดยมีค่าความแตกต่างสี เท่ากับ 25.9, 44.9, 22.2 และ 51.0 ตามลำดับ

5.1.6 การตรวจสอบสารตกค้างจำพวก โปรท ตะกั่ว แคดเมียม และสารหนู ในผงสีแต่ละสี พบว่า ผงสีสีน้ำเงินเขียวและสีดำตรวจไม่พบสารตกค้างดังกล่าว ส่วนผงสีสีม่วงแดงตรวจพบสารจำพวกแคดเมียม มีค่าเท่ากับ 0.045 mg/kg และผงสีสีเหลืองตรวจพบสารค่าพวกตะกั่วและแคดเมียม มีค่าเท่ากับ 0.108 และ 0.034 mg/kg ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผลโครงการวิจัย

การศึกษาการผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหารในงานวิจัยนี้ได้ทำการสกัด สารสีสีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำ จากวัสดุธรรมชาติในอัตราส่วนวัสดุธรรมชาติ 50 กรัมต่อตัวทำละลายน้ำ 200 มิลลิลิตร ซึ่งแต่ละสีมีค่าความแตกต่างของสี (ΔE) น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าสีตามมาตรฐาน ISO 12647-6 ซึ่งได้แก่ สารสกัดสีจากดอกกระเจี๊ยบแดง ดอก

คำฝอย ดอกอัญชันแห้ง และกาแฟผสมดอกอัญชันแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับโครงการวิจัยเรื่องการผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑอาหาร ของ สุรวีย์ นันทการัตน์ และคณะ (2558) ที่ได้มีการเพื่อศึกษาชนิดของวัสดุธรรมชาติที่สามารถนำมาสกัดสารให้สีเพื่อใช้ทดแทนหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทสีม่วงแดง (Magenta) สีเหลือง (Yellow) สีน้ำเงินเขียว (Cyan) และสีดำ (Black) ได้ โดยวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสมในการนำมาใช้สกัดสี ได้แก่ กระจับปี่ ดอกคำฝอย อัญชันแห้ง และกาแฟผสมอัญชันแห้ง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sabina Nélida Di Risio (2009) ที่ได้วิจัยเกี่ยวกับ การทดสอบการยึดติดและลักษณะทางกายภาพของหมึกพิมพ์ชีวภาพจากมะรุมที่พิมพ์บนพื้นผิวของวัสดุรองรับ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับหมึกพิมพ์ชีวภาพสูตรใหม่จากมะรุม ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนสีในการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรัชย์ ชันแก้ว และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของหมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึกฐานน้ำชนิดใช้สารให้สีจากดีปลาหมึก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำสารสีที่เหลืองทิ้งจากดีปลาหมึกจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล มาผลิตเป็นสารให้สีดำสำหรับผลิตเป็นหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์ต่างๆ ซึ่งมุ่งพัฒนาให้เกิดการลดการใช้สารเคมีที่เป็นพิษในหมึกพิมพ์

การผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ โดยนำสารสกัดสีที่ได้ไปผ่านกระบวนการทำผงโดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยจากสารสกัดสีปริมาณ 100 มิลลิลิตร สารสกัดสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติที่สกัดด้วยน้ำสามารถผลิตเป็นผงสีได้ทุกสารสกัดสี ซึ่งสอดคล้องกับโครงการการผลิตผงสีธรรมชาติจากกระจับปี่แดงเพื่อนำไปใช้เป็นสีย้อมกระดาษสา ของ เสรี สุขุมลพันธ์ (2545) ที่นำกระจับปี่แดงมาผลิตเป็นสารสีย้อมกระดาษสาโดยใช้สารละลายที่สกัดได้ไปทำแห้งแบบพ่นฝอยในระดับนํารองได้ผลผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ผงสีธรรมชาติจากดอกกระจับปี่แดง 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณกระจับปี่แดงบดอบแห้ง

แต่เนื่องจากผงสีที่ผลิตได้จากสารสกัดสีมีปริมาณน้อยจึงทำการผสมสารตัวพาจำพวกมอลโตเด็กซ์ตรินในปริมาณ 5 กรัม ลงในสารสกัดสีเพื่อช่วยเพิ่มปริมาณของผงสีที่ผลิตได้ปริมาณมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ หนูเดือน สาระบุตร และคณะ (2556) ได้ทำการผลิตผงสีจากมะนาวที่ใช้สารตัวพาเป็นมอลโตเด็กซ์ตรินเพื่อเพิ่มปริมาณของผงสีให้ได้มากขึ้น

และเมื่อนำผงสีไปทำการละลายน้ำในอัตราส่วนต่างๆ ตั้งแต่ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 กรัมต่อน้ำ 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าสีเพื่อเปรียบเทียบกับค่าสีตามมาตรฐาน ISO 12647-6 ปริมาณผงสีที่ให้ค่าความแตกต่างที่ดีที่สุดของผงสีสีม่วงแดง สีน้ำเงินเขียว และสีดำ คือ 0.4 กรัม แต่ในส่วนของสีเหลือง คือ 0.3 กรัม โดยมีค่าสีใกล้เคียงกับสารสกัดสีก่อนทำแห้งพ่นฝอยซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของ กลอยใจ เขยกลิ่นเทศ (2556) ที่กล่าวว่า ใบเตยผงที่ผลิตได้จากการฉีดพ่นฝอยเมื่อนำไปผสมวุ้น มีสีใกล้เคียงกับวุ้นใบเตยที่ผลิตจากน้ำคั้นใบเตยสด

ในการตรวจสอบสารตกค้างของผงสีที่ผลิตได้ทั้งสีสีตามมาตรฐานการผลิตผงสีสำหรับผลิตภัณฑอาหารในสารจำพวก ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และสารหนู ผงสีที่มีการตรวจพบสารตกค้างจำพวกสารตะกั่ว ได้แก่ สีเหลืองจากดอกคำฝอย และจำพวกสารแคดเมียม ได้แก่ สีม่วงแดงจากดอกกระจับปี่แดงและสีเหลืองจากดอกคำฝอย แต่ปริมาณที่ตรวจพบนั้นยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดในการผลิตผงสีสำหรับผลิตภัณฑอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับ กิตติมา เหมวงษา (2549) ที่กล่าวว่า สีผสมอาหารที่ได้มาตรฐานไม่ควรมีส่วนพิษและสารสีที่ไม่เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค โดยควรมีสารจำพวก ปรอทและแคดเมียมไม่เกิน 1 mg/kg ตะกั่วไม่เกิน 20 mg/kg และสารหนูไม่เกิน 5 mg/kg

จากผลโครงการวิจัยสรุปได้ว่า สารสกัดสีจากวัสดุธรรมชาติสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นผงสี เพื่อผลิตภัณฑอาหารได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการผลิตผงสีจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑอาหาร ผู้วิจัยมี ข้อเสนอแนะในงานวิจัยดังต่อไปนี้

5.3.1 ควรทำการเก็บรักษาผงสีที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติภายในภาชนะบรรจุที่สามารถ ป้องกันแสงและความชื้น เพื่อป้องกันแสงไม่ให้เกิดปฏิกิริยากับผงสีโดยทำให้สีไม่ซีดจาง และเพื่อไม่ให้ ผงสีจับตัวเป็นก้อนจากความชื้น เพื่อประโยชน์ในการเก็บรักษาได้ยาวนานยิ่งขึ้น

5.3.2 สามารถนำไปพัฒนาผลิตเป็นหมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึกได้ เนื่องจากหมึกพิมพ์ระบบพ่น หมึกมีลักษณะเป็นของเหลว จึงสามารถนำผงสีที่ผลิตได้ไปผสมในน้ำกลั่นเพื่อใช้ทดแทนสารให้สีใน เครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึกได้

5.3.3 ควรมีการทดลองกับพืชชนิดอื่นที่ให้สีส่นใกล้เคียงกับพืชที่ใช้ทดลองในงานวิจัยนี้ เพิ่มเติม เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในการสกัดสารสีจากวัสดุธรรมชาติและนำมาผลิตเป็นผงสีได้โดย กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- กลอยใจ เขยกลิ่นเทศ, ผศ.ดร. (2556). การผลิตสีผงสำหรับผสมอาหารจากวัสดุธรรมชาติด้วยวิธีการทำแห้งแบบฉีดพ่นฝอย. รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- กมลพร ปานง่อม, สุคนธ์ทิพย์ บุญวงศ์ และกุลชญา เกศสุวรรณ. (2554). การศึกษาความหลากหลายและความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชสกุลคราม ด้วยเทคนิคเครื่องหมายโมเลกุล. รายงานผลการวิจัย. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- กิตติมา เหมวงษา. (2549). การพัฒนาการผลิตผงสีแคโรทีนและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เกสร นันทจิต และ คณະ. (2550). ชนิดและปริมาณสีสังเคราะห์ในน้ำองุ่นที่เป็นเครื่องดื่มในภาวะขาดน้ำ, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กัจจกร แซ่เจียง. (2544). ผงสี้อมจากกลีบดอกดาวเรือง, วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิรายุ มุสิกกา. (2556). ผลของสีและสายพันธุ์ของผลหมากเมาต่อสมบัติกายภาพ เคมี และสารเชิงสุขภาพ. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร, คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชญากัณฑ์ ก่ออารีย์, ผศ. และ คณະ. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมไทยจากพืชสมุนไพรพื้นบ้าน. รายงานวิจัย, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. ไทยเกษตรศาสตร์. (ม.ป.ป.). “ลักษณะทั่วไปของต้นถั่วดำ” [ออนไลน์] สืบค้นจาก: <http://www.thaikasetsart.com/ต้นถั่วดำ/> (วันที่สืบค้น 10 ธันวาคม 2558)
- นงเยาว์ วงศ์พุฒิ. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสั้น-ยาวของวันและสารควบคุมการเจริญเติบโตต่อการออกดอกของดาวเรืองสีขาว (*Tagetes erecta* L.). วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- นิตดา หงส์วิวัฒน์ และ คณະ. (2553). “กระเจี๊ยบแดง”. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด.
- นิศารัตน์ สุขอม และ ปรศนีย์ ทับใบแย้ม. (2556). การใช้หล่ออั้งกัวยแทนน้ำตาลมะพร้าวในผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำนมข้าวยาคุ. รายงานวิจัย, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- นุชลี คนหลัก และ อริสรา มะตัง. (2555). การประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากการสกัดหยาบต้นป๊อปปี้ง พื้ดและผลิตภัณฑ์ครีมนม. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สาขาวิชาเคมี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์นการพิมพ์, หน้า 103.

- ประภัสสร แผลงดี. (2554). การพัฒนาระบบการจัดการการผลิตและการขนส่ง กรณีศึกษา บริษัท เฉือก้วย ชากังราว จำกัด. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- พลสงคราม เกียรติศักดิ์. (2547). การผลิตไวน์แดงจากลูกหว่า. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ผศ.ดร. และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ศ.ดร. เกียรติคุณ (ม.ป.ป.). “เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย” [ออนไลน์] สืบค้นจาก:
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0971/spray-drier-เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย> (วันที่สืบค้น 12 ธันวาคม 2558)
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ผศ.ดร. และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ศ.ดร. เกียรติคุณ (ม.ป.ป.). "หล่อฮั้งก้วย" [ออนไลน์] สืบค้นจาก: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2802/หล่อฮั้งก้วย-lo-han-kuo> (วันที่สืบค้น 1 กุมภาพันธ์ 2557)
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ผศ.ดร. และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. (ม.ป.ป.). Food color / สีส้มอาหาร, [ออนไลน์] สืบค้นจาก:
<http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2950/food-color-สีส้มอาหาร> (วันที่สืบค้น 3 กุมภาพันธ์ 2557)
- พริ้นด์ออคคอม. (ม.ป.ป.). Food color / สีส้มอาหาร, [ออนไลน์] สืบค้นจาก:
<http://frynn.com/มะเกลือ/> (วันที่สืบค้น 10 ธันวาคม 2558)
- ยุทธนา สูงสุดาลัย. (2538). การสกัดกรดไลโนเลอิกจากดอกคำฝอย. กรุงเทพมหานคร : ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย.
- ยูโร เบสท์ เทคโนโลยี, บริษัท จำกัด. (ม.ป.ป.). “เครื่องอบทำผงแห้งแบบพ่นฝอย” [ออนไลน์] สืบค้นจาก: <http://www.eurobesttechnology.co.th/spray-dryer> (วันที่สืบค้น 12 ธันวาคม 2558)
- วสันต์ รัตนประสาท. (2549). การสกัดสีข้อมจากต้นขนุน *Artocarpus heterophyllus* Lamk. ด้วยเครื่องสกัดไหลเวียนกลับ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีเทคนิค, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วันดี กฤษณพันธ์. (2535). “ถั่วดำ” สมุนไพรสารพัดประโยชน์. กรุงเทพมหานคร: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วัลลภ สวัสดิวัลลภ (2532). **หนังสือและการพิมพ์**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์การศาสนา. หน้า 220.
- ศิวพันธุ์ รัตตปฏิพันธุ์. (2552). การศึกษาวัสดุพอลิเมอร์เสริมองค์ประกอบด้วยอลูมิเนียมซิลิเกตสีธรรมชาติเพื่อเป็นตัววัดค่าความเป็นกรดต่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาการและวิศวกรรมพอลิเมอร์, ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. (2553). “คราม” [ออนไลน์] สืบค้นจาก:
http://eherb.hrdis.or.th/search_result_details.php?herbariumID=651&name=คราม (วันที่สืบค้น 10 ธันวาคม 2558)
- สภาผู้แทนราษฎร. (2555). การวิจัยมะเกลือและตะโกพืชสมุนไพรเพื่อใช้เป็นยาปราบศัตรูพืชและยาฆ่าแมลง, ราชกิจจานุเบกษา, 1 มิถุนายน 2555, 79-81.
- สมพร ภูติยานันต์. (2551). สมุนไพรใกล้ตัว: เล่มที่ 13. พิมพ์ครั้งที่ 4. เชียงใหม่: เอร่าวัฒนธรรมพิมพ์.
- สรรพคุณสมุนไพร สมุนไพรแต่งสีอาหาร. (ม.ป.ป). “ฝาง” [ออนไลน์] สืบค้นจาก:
http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_30_3.htm (วันที่สืบค้น 7 มกราคม 2557)
- สุรัชย์ ชันแก้ว และคณะ (2553). ผลของหมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึกฐานน้ำชนิดใช้สารให้สีจากดีปลาหมึก, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48, กุมภาพันธ์ 2553, 105-111.
- สุรวิทย์ นันทการรัตน์ และคณะ. (2558). การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.
- เสรี สุขุมลพันธ์. (2545). การพัฒนาผงสีธรรมชาติจากกระเจี๊ยบแดงเพื่อนำมาใช้เป็นสีย้อมกระดาษสา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. สรุปสาระสำคัญ (ร่าง) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555 - 2559), [ออนไลน์] สืบค้นจาก:
www.nesdb.go.th/Portals/0/news/article/plan11-11.pdf
- สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ องค์การมหาชน. (ม.ป.ป). “กะหล่ำปลีม่วง” [ออนไลน์] สืบค้นจาก: <http://www.biogang.net> (วันที่สืบค้น 7 มกราคม 2557)
- หนูเดือน สาระบุตร และคณะ. (2556). สมบัติทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมพายูฝ้ายเติมผงสีมะนาวโห่ที่มีมอลโทเด็กซ์ทรินต่างกัน, วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5, กรกฎาคม 2556, 399-405.
- หมอชาวบ้าน. (ม.ป.ป.). Health / สมุนไพรเพื่อสุขภาพ, [ออนไลน์] 10 ธันวาคม 2558. สืบค้นจาก:
<http://health.kapook.com/view90125.html>.
- อภิญา ภูักิ่ง. (2554). การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตทดแทนซิลิกาในสารเคลือบกระดาษหนังสือพิมพ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพงานปฐุระบบพ่นหมึก, ปริญญาานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อรพิน ชัยประสพ. (2553). การผลิตสีผงจากผลแก้วมังกร (*Hylocereus polyrhizus*) พันธุ์สีแดงโดยวิธีอบแห้งแบบโฟมเมท. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. [ออนไลน์] 23 มีนาคม 2558. สืบค้นจาก:
http://prv.nrct.go.th/shopping/home/show_product.php?research_id=422.
- อรุษา เขาวนลิขิต และ ธีรรัตน์ อิทธิโสภณกุล. (2554). สีธรรมชาติจากเปลือกมังคุด, รายงานวิจัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ภาษาอังกฤษ

Markus R. Mobhammer, et al. (2007) Stability of yellow-orange cactus pear betalains as affected by the juice matrix and selected food additives. *European Food Research and Technology* (2007), Springer-Verlag, issue 225, pp.21-32.

National Food Institute Thailand. (2547). ภัยในอาหาร, สถาบันอาหาร, พฤษภาคม 2547, p.31-32.สิ่งพิมพ์, [ออนไลน์] 7 พฤศจิกายน 2556. สืบค้นจาก:
<http://thipjinda.brinkster.net/chem-pres-2.htm>

So'nia P. M. Ventura, et al. (2013). Isolation of natural red colorants from fermented broth using ionic liquid-based aqueous two-phase systems. *Journal of industrial microbiology biotechnology*, issue 40, pp.507–516.

World Economic Forum - Geneva Switzerland 2011. *The Global Competitiveness Report_2012-2013*, [Online] 13 Jan 2014. Available from:
http://www3.weforum.org/docs/WEF_GCR_Report_2012-13.xls

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ภาพสารสีที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติ

ภาคผนวก ก.

ภาพสารสีที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติ

6.1 สารสกัดสีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำ จากดอกกระเจี๊ยบแดง ดอกคำฝอย ดอกอัญชันแห้ง และกาแฟผสมดอกอัญชันแห้ง ตามลำดับ



ภาพที่ 6.1 สารสกัดสีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำสกัดด้วยน้ำ

6.2 การผลิตผงสีจากสารสกัดสี

- ผงสีสีม่วงแดงจากดอกกระเจี๊ยบแดง



ภาพที่ 6.2 ผงสีสีม่วงแดงจากดอกกระเจี๊ยบแดง

- ผงสีสีเหลืองจากดอกคำฝอย



ภาพที่ 6.3 ผงสีสีเหลืองจากดอกคำฝอย

- ผงสีสีน้ำเงินเขียวจากดอกอัญชันแห้ง



ภาพที่ 6.4 ผงสีสีน้ำเงินเขียวจากดอกอัญชันแห้ง

- ผงสีสีดำจากกาแฟผสมดอกอัญชันแห้ง



ภาพที่ 6.5 ผงสีสีน้ำเงินเขียวจากดอกอัญชันแห้ง

6.3 การทดสอบสีของผงสี



ภาพที่ 6.6 การทดสอบสีของผงสีสีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายสุรวิทย์ นันทการรัตน์
งานวิจัยเรื่อง	สมรรถภาพทางวิชาชีพและคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ตามความต้องการ ของสถานประกอบการด้านธุรกิจสิ่งพิมพ์ การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร
การศึกษา	วท.ด. เทคโนโลยีทางภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ค.อ.ม. ครุศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วท.บ. เทคโนโลยีการพิมพ์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีสยามมงคล
สถานที่ติดต่อ	สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์ ภาควิชาเทคโนโลยีสื่อสารและอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ สาทร กรุงเทพมหานคร 10120 โทร. 0 2287 9701

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาณุภัทร ตางาม
งานวิจัยเรื่อง	การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร
การศึกษา	กศ.ม. ชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม ค.บ. ชีววิทยา วิทยาลัยครูเทพสตรี ลพบุรี
สถานที่ติดต่อ	สาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ สาทร กรุงเทพมหานคร 10120 โทร. 0 2287 9701

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวอนัญญา ไทยบุญนาค
งานวิจัยเรื่อง	การผลิตหมักพืชมัพระบบบิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร
การศึกษา	ค.อ.ม. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ค.อ.บ. ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีสยามมงคล วิทยาเขตโชติเวช
สถานที่ติดต่อ	สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์ ภาควิชาเทคโนโลยีสื่อสารและอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ สาทร กรุงเทพมหานคร 10120 โทร. 0 2287 9701

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายบุญชัย ต้วงสวัสดิ์
งานวิจัยเรื่อง	การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร
การศึกษา	วท.บ. เคมีวิเคราะห์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ
สถานที่ติดต่อ	สาขาวิชาเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ สาทร กรุงเทพมหานคร 10120 โทร. 0 2287 9701

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวสุวรรณา รุ่งเรือง
งานวิจัยเรื่อง	การผลิตหมักพืชมั้ระบบบึงค์เจ้ทจากวั้สดุ้ธรรมชาติ เพื่อผลิตภั้ณฑ์อาหาร
การศึกษา	วท.บ. เทคโนโลยีการพืม่้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
สถานที่ติดต่อ	สาขาวิชาเทคโนโลยีการพืม่้ ภาควิชาเทคโนโลยีสื่อสารและอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ 2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ สาทร กรุงเทพมหานคร 10120 โทร. 0 2287 9701