รายงานการวิจัย

การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

The Ink Production in Inkjet Printing System from Natural Materials for Food Products

ผู้วิจัย

นายสุรวิทย์ นันทการัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาณุภัทร ตางาม

นางสาวนชพรรณ จั่นทอง

นายบุญชัย ด้วงสวัสดิ์

นางสาวอนัญญา ไทยบุญนาค

นางสาวสุวรรณา รุ่งเรือง

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2558

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

รายงานการวิจัย

การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

The Ink Production in Inkjet Printing System from Natural Materials for Food Products

ผู้วิจัย

นายสุรวิทย์ นันทการัตน์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาณุภัทร ตางาม

นางสาวนชพรรณ จั่นทอง

นายบุญชัย ด้วงสวัสดิ์

นางสาวอนัญญา ไทยบุญนาค

นางสาวสุวรรณา รุ่งเรือง

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณผลประโยชน์ ปี พ.ศ. 2558

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 ซึ่งสามารถสำเร็จได้ด้วยความร่วมมือจากคณะผู้วิจัย นักศึกษาปัจจุบันและนักศึกษาที่จบแล้วของสาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์ ที่ช่วยเหลือในขั้นตอนการทดลองและทดสอบในการวิจัย ขอขอบคุณสาขาวิชาเคมีที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ และห้องปฏิบัติการเคมี และขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยาโดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ชินสำราญ ดร.นิสิต เรืองสว่าง และดร.พิชามญชุ์ น้อยสุวรรณ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือตรวจวัดอนุภาคที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัครวุฒิ จินดานุรักษ์ ที่กรุณาเป็นนักวิจัยพี่เลี้ยงและให้คำแนะนำทางด้านระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในการวิจัยตลอดจนผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่คณะผู้วิจัยไว้ ณ โอกาสนี้ คุณประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญุตาแด่ มารดา บิดา บูรพาจารย์ของคณะผู้วิจัย และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรวิทย์ นันทการัตน์ และ คณะผู้ร่วมวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ชื่อเรื่อง : การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

ชื่อผู้วิจัย : นายสุรวิทย์ นันทการัตน์ และ คณะผู้ร่วมวิจัย

ปี พ.ศ. : 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการสกัดสารสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติและนำไปผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทที่เหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมุ่งศึกษาเฉพาะการสกัดสีจากวัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตรที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีหลักที่ใช้ในเครื่องพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ท ได้แก่ สีน้ำเงินเขียว สีม่วงแดง สีเหลือง และสีดำ ที่เหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัสดุธรรมชาติกับตัวทำละลายน้ำ โดยสังเกตจากค่าความแตกต่างสี (ΔE) ของสารสกัดสีที่มีความใกล้เคียงกับค่าสีตามมาตรฐาน ISO 12647-6 และนำมาทดลองพิมพ์บนวัสดุที่มีใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผลการวิจัยพบว่า การสกัดสารสีด้วยวิธีการต้มวัสดุธรรมชาติในตัวทำละลายน้ำเป็นวิธีการสกัดสารสีที่เหมาะสมที่สุดในงานวิจัยนี้ และวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว และสีดำ ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด ได้แก่ กระเจี๊ยบที่ 50 กรัม ดอกคำฝอยที่ 5 กรัม อัญชันแห้งที่ 50 กรัม และกาแฟผสมกับอัญชันแห้งที่ 50 กรัม ในอัตราส่วน 75:25 ตามลำดับ และนำหมึกพิมพ์ที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติไปทดลองพิมพ์ พบว่า หมึกพิมพ์ที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติสามารถใช้ทดแทนหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทเพื่อผลิตภัณฑ์อาหารได้

Title : The Ink Production in Inkjet Printing System from Natural Materials for Food Products

Author : Mr. Surawit Nantakarat, et al.

Year : 2015

Abstract

The objectives of this study were to explore the extraction method for the colorant from the natural materials and to produce the inkjet ink for food product. This study focused on the extraction of colorant from natural materials or agricultural products which have the same or similar colors that are used in inkjet printers including cyan, magenta, yellow and black are suitable for use in food products. Finding the optimum ratio between natural materials and water solvent by observation of the color difference (ΔE) of the colorant those were similar to the color standard in ISO 12647-6. The test printed print on materials that are used in food products.

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, cyan, magenta, yellow and black that had the color closest to the color standard, is the roselle at 50 grams, the safflower at 5 grams, the dry butterfly pea at 50 grams and coffee mixed with dry butterfly pea at 50 grams in the ratio of 75:25 respectively. And inkjet inks made from natural materials, used to print test. The result found that inks made from renewable natural materials using inkjet inks for food products.

คำนำ

รายงานการวิจัย เรื่อง การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสกัดสารสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และนำไปผลิตเป็นหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อเป็นนวัตกรรมและทางเลือกใหม่ ในการตกแต่งอาหารที่กำลังได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบัน

คณะผู้วิจัย หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้คงจะเป็นประโยชน์ต่อมหาวิทยาลัย ผู้ผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เกษตรกรผู้ผลิตวัสดุธรรมชาติที่ใช้ในการแปรรูปเป็นสารให้สีในงานวิจัยนี้ ตลอดจนนักศึกษาและผู้สำเร็จการศึกษาได้มีข้อมูล เพื่อเตรียมพร้อมที่จะเข้าสู่สถานประกอบการ นอกจากนั้นยังเป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานต่างๆ และผู้ที่สนใจ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เพราะสถาบันวิจัยและพัฒนา และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ให้โอกาสและสนับสนุนเงินทุนวิจัย 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 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
	1.4 สมมติฐานของโครงการวิจัย	3
	1.5 วิธีดำเนินการวิจัย	3
	1.6 นิยามศัพท์	4
	1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา	5
2	ทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	2.1 การพิมพ์ระบบพ่นหมึก	6
	2.2 หมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึก	8
	2.3 การสกัดสาร (Extraction)	13
	2.4 วัสดุธรรมชาติ (พืชและสมุนไพร) ที่นำมาสกัด	15
	2.5 แอลกอฮอล์จากอ้อย	28
	2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	30
3	วิธีดำเนินการวิจัย	34
	3.1 สารตัวอย่าง (พืชและสมุนไพร)	34
	3.2 เครื่องมือและสารเคมี	35
	3.3 วิธีดำเนินการ	36

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4	ผลการทดลอง	37
	4.1 สารสกัดสีม่วงแดง	38
	4.2 สารสกัดสีเหลือง	40
	4.3 สารสกัดสีน้ำเงินเขียว	42
	4.4 สารสกัดสีดำ	44
	4.5 การทดสอบการเก็บรักษา	46
	4.6 การผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร	47
5	สรุปผล อภิปรายผลโครงการวิจัย และข้อเสนอแนะ	49
	5.1 สรุปผลการศึกษา	49
	5.2 อภิปรายผลโครงการวิจัย	51
	5.3 ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม		53
ภาคผนวก		57
ภาคผนวก ก.		58
ประวัติผู้เขียน		73

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีม่วงแดงที่สกัดด้วยน้ำ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง	38
4.2	แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีม่วงแดงที่สกัดด้วย แอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง	39
4.3	แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีเหลืองที่สกัดด้วยน้ำ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง	40
4.4	แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีเหลืองที่สกัดด้วย แอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง	41
4.5	แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียวที่สกัดด้วยน้ำ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง	42
4.6	แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียวที่สกัดด้วย แอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง	43
4.7	แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำที่สกัดด้วยน้ำ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง	44
4.8	แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง	45
4.9	แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำที่สกัดจากหญ้าเฉาก๊วย กาแฟ และหล่อฮั้งก้วยผสมอัญชันแห้งที่สกัดด้วยน้ำโดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง	46
4.10	ผลการทดสอบกลิ่นและการตกตะกอนของวัสดุธรรมชาติที่ค่าสีใกล้เคียงกับ ค่าสีมาตรฐานมากที่สุด	46

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	เทคโนโลยีการพิมพ์ระบบพ่นหมึก	7
2.2	การสกัด	15
2.3	กระเจี๊ยบแดง	16
2.4	ฝาง	17
2.5	บีทรูท	18
2.6	กะหล่ำปลีม่วง	18
2.7	หญ้าเฉาก๊วย	19
2.8	หล่อฮั้งก้วย	20
2.9	กะหล่ำปลีแดง	21
2.10	กาแฟ	22
2.11	เมล็ดพุดจีน	23
2.12	ดอกคำฝอย	24
2.13	มะตูม	25
2.14	เก๊กฮวย	26
2.15	ดอกอัญชันสด	27
2.16	ดอกอัญชันแห้ง	27
3.1	พืชและสมุนไพรต่างๆ	35
4.1	ภาพต้นฉบับ	47
4.2	เปรียบเทียบสีระหว่างหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทกับหมึกพิมพ์ที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติ	48
6.1	สารสกัดสีม่วงแดงจากกระเจี๊ยบสกัดด้วยน้ำ	59
6.2	สารสกัดสีม่วงแดงจากกระเจี๊ยบสกัดด้วยแอลกอฮอล์	59
6.3	การทดสอบสีม่วงแดงจากกระเจี๊ยบที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์	59
6.4	สารสกัดสีม่วงแดงจากฝางสกัดด้วยน้ำ	60
6.5	สารสกัดสีม่วงแดงจากฝางสกัดด้วยแอลกอฮอล์	60
6.6	การทดสอบสีม่วงแดงจากฝางที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์	60
6.7	การทดสอบสีม่วงแดงจากบีทรูทสกัดด้วยน้ำ	61
6.8	การทดสอบสีม่วงแดงจากบีทรูทสกัดด้วยแอลกอฮอล์	61
6.9	การทดสอบสีม่วงแดงจากบีทรูทที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

6.10 การทดสอบสีม่วงแดงจากกะหล่ำปลีม่วงสกัดด้วยน้ำ 62
6.11 การทดสอบสีม่วงแดงจากกะหล่ำปลีม่วงสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 62
6.12 การทดสอบสีม่วงแดงจากกะหล่ำปลีม่วงที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ 62
6.13 การทดสอบสีเหลืองจากดอกคำฝอยสกัดด้วยน้ำ 63
6.14 การทดสอบสีเหลืองจากดอกคำฝอยสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 63
6.15 การทดสอบสีเหลืองจากดอกคำฝอยที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ 63
6.16 การทดสอบสีเหลืองจากเมล็ดพุดจีนสกัดด้วยน้ำ 64
6.17 การทดสอบสีเหลืองจากเมล็ดพุดจีนสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 64
6.18 การทดสอบสีเหลืองจากเมล็ดพุดจีนที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ 64
6.19 การทดสอบสีเหลืองจากดอกเก๊กฮวยสกัดด้วยน้ำ 65
6.20 การทดสอบสีเหลืองจากดอกเก๊กฮวยสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 65
6.21 การทดสอบสีเหลืองจากดอกเก๊กฮวยที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ 65
6.22 การทดสอบสีเหลืองจากมะตูมสกัดด้วยน้ำ 66
6.23 การทดสอบสีเหลืองจากมะตูมสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 66
6.24 การทดสอบสีเหลืองจากมะตูมที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ 66
6.25 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันสดสกัดด้วยน้ำ 67
6.26 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันสดสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 67
6.27 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันสดที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ 67
6.28 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันแห้งสกัดด้วยน้ำ 68
6.29 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันแห้งสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 68
6.30 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันแห้งที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ 68
6.31 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากกะหล่ำปลีม่วงสกัดด้วยน้ำ 69
6.32 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากกะหล่ำปลีม่วงสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 69
6.33 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากกะหล่ำปลีม่วงที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ 69
6.34 การทดสอบสีดำจากกาแฟสกัดด้วยน้ำ 70
6.35 การทดสอบสีดำจากกาแฟสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 70
6.36 การทดสอบสีดำจากกาแฟที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ 70
6.37 การทดสอบสีดำจากหญ้าเฉาก๊วยสกัดด้วยน้ำ 71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

6.38 การทดสอบสีดำจากหญ้าเฉาก๊วยสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 71
6.39 การทดสอบสีดำจากหญ้าเฉาก๊วยที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ 71
6.40 การทดสอบสีดำจากหล่อฮั้งก้วยสกัดด้วยน้ำ 72
6.41 การทดสอบสีดำจากหล่อฮั้งก้วยสกัดด้วยแอลกอฮอล์ 72
6.42 การทดสอบสีดำจากหล่อฮั้งก้วยที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ 72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาโครงการ

สภาวะทางเศรษฐกิจในโลกปัจจุบัน มีความเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและตกต่ำอย่างรุนแรง ทำให้ประเทศไทยต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม ที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศเนื่องจากขาดกำลังซื้อจากประเทศแถบยุโรปและอเมริกา ทำให้มีผลกระทบต่อราคาพืชผลทางการเกษตรที่ตกต่ำลง ซึ่งจะเป็นทั้งโอกาสและอุปสรรคต่อการพัฒนาประเทศโดยเฉพาะการปรับตัวเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนที่กำลังจะมาถึง (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554, หน้า ญ-น) ดังนั้นเมื่อประเทศไทยไม่สามารถส่งออกพืชผลทางการเกษตรได้ดีดังเดิม จึงควรมีการหาทางแก้ไขปัญหาเพื่อเป็นการรองรับปัญหาที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจคือการนำผลิตผลทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

การแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรมีด้วยกันหลากหลายวิธี ทั้งการแปรรูปแบบภูมิปัญญาไทย เช่น การตากแห้ง การเชื่อม การแช่อิ่ม การกวน การอบ ฯลฯ รวมถึงการแปรรูปมาเป็นผลิตภัณฑ์ของใช้ก็มากมาย ไม่ว่าจะเป็นการนำกะลามะพร้าวมาขัดมันทำเป็นโคมไฟ กระเป๋าสตางค์ พวงกุญแจ เครื่องประดับ และอื่นๆ ล้วนแล้วเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลิตผลทางการเกษตรแทบทั้งสิ้น กรรมวิธีที่แตกต่างกันสร้างผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด แต่ที่ต้องการกล่าวถึงในที่นี้คือการนำผลิตผลทางการเกษตรมาใช้ในการทำอาหารของคนไทย สืบเนื่องมาจากประเทศไทยมีวัฒนธรรมในการทำอาหารที่พิถีพิถัน ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนในการทำอาหาร รสชาติของอาหาร กลิ่นของอาหาร สัมผัสที่ละมุนลิ้นของอาหาร รวมไปถึงหน้าตาและสีสันของอาหารก็จะต้องน่ารับประทาน ดังนั้นในการนำใบเตยมาใส่ในอาหารไม่ใช่แค่ต้องการเพิ่มสีสันของอาหารเพียงอย่างเดียวแต่ยังรวมไปถึงการใช้ประโยชน์จากกลิ่นหอมของใบเตยอีกด้วย ในพืชอื่นๆเช่นดอกมะลิและดอกน้ำนมแมวจะให้กลิ่นเพียงอย่างเดียว ดอกกระเจี๊ยบแดงและฟักทองให้ทั้งรสชาติและสี ฯลฯ ซึ่งเราจะสังเกตเห็นว่าอาหารของคนโบราณจะไม่มีการใส่สีลงในอาหารเลย แต่จะได้สีจากวัสดุที่นำมาใช้ประกอบอาหารมากกว่า

ในปัจจุบันนิยมเติมสีสันลงในอาหารด้วยสีผสมอาหารเป็นหลัก เพราะสามารถหาซื้อได้ง่าย มีราคาถูก และยังมีให้เลือกใช้งานทั้งแบบผงและแบบน้ำบรรจุขวด ต้องการสีใด เข้มหรืออ่อนมากน้อยก็สามารถผสมลงไปในขั้นตอนของการประกอบอาหารได้ตามใจชอบ แต่สีผสมอาหารก็ยังมีทั้งแบบที่ผลิตจากสีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ สีอนินทรีย์ และสีที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งบางตัวยังเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอยู่และต้องใช้ในปริมาณที่ควบคุมเท่านั้น โดยใช้ในปริมาณที่กำหนดคือ 1

มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม แต่อันตรายส่วนใหญ่เกิดจากสีสังเคราะห์ทางเคมีซึ่งผู้ผลิตบางคนมักใช้สีย้อมผ้าหรือสีย้อมกระดาษซึ่งมีโลหะหนักพวก ตะกั่วปรอทสารหนูสังกะสีโครเมียมปะปนอยู่ซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย (สถาบันอาหาร, 2547, หน้า 31-32)

สีย้อมที่ใช้ในหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารเป็นนวัตกรรมในการตกแต่งอาหารที่กำลังได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบัน ผู้ผลิตหมึกพิมพ์ไม่ได้ระบุว่าสีย้อมที่นำมาใช้ผลิตหมึกพิมพ์ทำมาจากวัสดุชนิดใด เป็นสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ หรือสารสังเคราะห์ ส่วนใหญ่ผู้บริโภคจะทราบเพียงว่าเป็นหมึกพิมพ์ที่สามารถรับประทานได้ แต่สามารถรับประทานได้อย่างปลอดภัยแค่ไหน ปริมาณเท่าใดไม่ได้ระบุ ทำให้ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าข้อมูลที่ไม่ได้ระบุนั้นกลับเป็นข้อมูลที่ผู้บริโภคสมควรต้องรับรู้ก่อนที่จะรับประทานหมึกพิมพ์นั้นๆ ลงไป คุณสมบัติสำคัญที่หมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารจำเป็นต้องมี นอกจากจะเป็นหมึกพิมพ์ที่มีสีสันใกล้เคียงกับแม่สีทางการพิมพ์คือ สี Cyan, Yellow, Magenta และ Black แล้ว ยังต้องมีความปลอดภัยสำหรับการนำไปบริโภคอีกด้วย ดังนั้นด้วยเหตุผลดังกล่าวทางคณะผู้วิจัยจึงเห็นควรที่จะทำวิจัยในหัวข้อเรื่องการผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อช่วยเพิ่มมูลค่าสินค้าให้กับกลุ่มสินค้าเกษตรและเพื่อยกระดับขีดความสามารถให้อุตสาหกรรมการบริการด้านการผลิตอาหารของประเทศได้อีกทางหนึ่ง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการสกัดสารสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร
2. เพื่อผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาการสกัดสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติเพื่อผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมีการกำหนดขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. มุ่งศึกษาเฉพาะการสกัดสีจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อให้ได้สารสีแม่สีหลักที่ใช้ในเครื่องพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ท จำนวน 4 สี ได้แก่ สีน้ำเงินเขียว สีม่วงแดง สีเหลือง และสีดำ ที่เหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร
2. การวิจัยนี้ใช้ประชากรในการวิจัย เฉพาะวัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตรที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีหลักที่ใช้ในเครื่องพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ท
3. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

3.1 วัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตร ที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีสีน้ำเงินเขียว จำนวน อย่างน้อย 2 ชนิด

3.2 วัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตร ที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีสีม่วงแดง จำนวน อย่างน้อย 2 ชนิด

3.3 วัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตร ที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีสีเหลือง จำนวน อย่างน้อย 2 ชนิด

3.4 วัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตร ที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีสีดำ จำนวน อย่างน้อย 2 ชนิด

4. ตัวแปรที่ศึกษา คือ

4.1 ตัวแปรต้น คือ

1) วัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตร ที่มีสีเหมือนหรือใกล้เคียงกับแม่สีหลักที่ใช้ในเครื่องพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ท

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1) วิธีการสกัดสารสีจากวัสดุธรรมชาติของแม่สีแต่ละสี

2) การสกัดสารสีจากวัสดุธรรมชาติของแม่สีแต่ละสี

1.4 สมมุติฐานของโครงการวิจัย

สารสีที่สกัดจากวัสดุธรรมชาติหรือผลิตผลทางการเกษตร สามารถนำมาใช้ผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารได้

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาการสกัดสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติเพื่อผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1.5.1 การเตรียมตัวอย่างพืชและสมุนไพร

1.5.2 การชั่งน้ำหนัก

1.5.3 การสกัด

1.5.4 การทดสอบสี

1.5.5 การทดสอบการเก็บรักษา

1.5.6 การผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ ที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

1.6 นิยามศัพท์

การพิมพ์ระบบพ่นหมึก (Inkjet printing) หมายถึง เทคโนโลยีการพิมพ์ระบบไม่สัมผัสที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในส่งผ่านภาพพิมพ์ไปยังวัสดุพิมพ์ โดยจะสามารถถ่ายทอดหยดหมึกลงบนวัสดุใช้พิมพ์ได้โดยตรงด้วยการส่งสัญญาณควบคุมจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ลักษณะของภาพที่ได้จะเกิดจากการเรียงตัวของจุดหรือหยดหมึกพิมพ์เล็กๆซึ่งสามารถสร้างข้อความหรือรูปภาพที่ต้องการจะพิมพ์ได้ โดยมีหัวพิมพ์เป็นตัวพ่นหยดหมึกให้ตกลงบนวัสดุพิมพ์ โดยจะสามารถควบคุมและหักเหทิศทางเดินของหยดหมึกให้เป็นภาพหรือตัวอักษรตามต้องการ

หมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึก หมายถึงหมึกพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ระบบพ่นหมึกมีทั้งที่ใช้น้ำและตัวทำละลายเป็นส่วนผสมให้เหมาะสมกับสมบัติของวัสดุรองรับหรือการนำไปใช้โดยจะมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ สารให้สี ตัวทำละลายเรซิน และสารเติมแต่งอื่นๆ

ผลิตภัณฑ์อาหาร หมายถึง การพัฒนา ปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงวัสดุต่างๆ ให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ที่เป็นปัจจัยหลักในการดำรงชีวิตของมนุษย์ซึ่งก็คือ ของรับประทานหรือเครื่องค้ำจุนชีวิต เช่น อาหาร น้ำ นมน้ำมันพืชอาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันทีเป็นต้น

วัสดุธรรมชาติ หมายถึง วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติซึ่งนำมาใช้ประโยชน์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพเดิมมากนัก แต่บางครั้งก็มีการเปลี่ยนแปลงจากสภาพเดิมเพื่อจะเพิ่มคุณค่าทั้งในด้านความงามความคงทน สีสัน โดยในการนำมาใช้สามารถนำมาจากส่วนต่างๆ ของวัสดุธรรมชาติ เช่น เปลือก ผล เมล็ด ไม้ เปลือกหอย ฯลฯ เป็นต้น

เครื่องพิมพ์อิงค์เจ็ท หมายถึง เครื่องพิมพ์พ่นหมึกติดแท็งก์หมึก 4 สี เครื่องพิมพ์ที่มีคุณสมบัติสามารถพิมพ์ตัวอักษรที่มีรูปแบบและขนาดที่แตกต่างกันมากๆ รวมไปถึงพิมพ์งานกราฟิกที่ให้ผลลัพธ์คมชัด

หมึกพิมพ์ หมายถึง หมึกพิมพ์ที่ได้จากการสกัดจากพืชธรรมชาติ

สารให้สี หมายถึง สีย้อมที่ได้จากการกสัดสีจากธรรมชาติ

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 เก็บผลการทดลองการหยดเพื่อตรวจสอบดูความซีดจางของสีจากวัสดุธรรมชาติ

การส่งกลิ่นไม่พึงประสงค์ หมายถึง กลิ่นไม่พึงประสงค์ไม่ว่าจะมาจากส่วนใดๆ ก็ตามไม่เป็นที่พึงชอบใจของใครทั้งสิ้น เป็นที่รังเกียจเดียดฉัน ไม่มีใครที่ต้องการเข้าใกล้ กรณีที่ต้องอยู่กับกลิ่นที่ไม่

พึงประสงค์นานๆอาจก่อให้เกิดความเครียดหรือทำร้ายจิตใจได้เพราะกลิ่นมันจะล่องลอยไปตามอากาศอย่างต่อเนื่องและไปทุกซอกทุกมุม

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

1. ได้สารสีจากวัสดุธรรมชาติ
2. ได้หมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ
3. ได้หมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทที่สามารถพิมพ์ลงบรรจุภัณฑ์อาหารได้
4. เพิ่มทางเลือกในการผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทที่ไม่ใช้สารเคมี

บทที่ 2

ทฤษฎี แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติเพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งผู้ศึกษาได้เรียงลำดับหัวข้อที่ศึกษา ดังต่อไปนี้

2.1 การพิมพ์ระบบพ่นหมึก (Inkjet Printing)

2.2 หมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึก

2.3 การสกัดสาร (Extraction)

2.4 วัสดุธรรมชาติ (พืชและสมุนไพร) ที่นำมาสกัดสีม่วงแดง, สีดำ, สีเหลือง และสีน้ำเงินเขียว

2.5 แอลกอฮอล์จากอ้อย

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

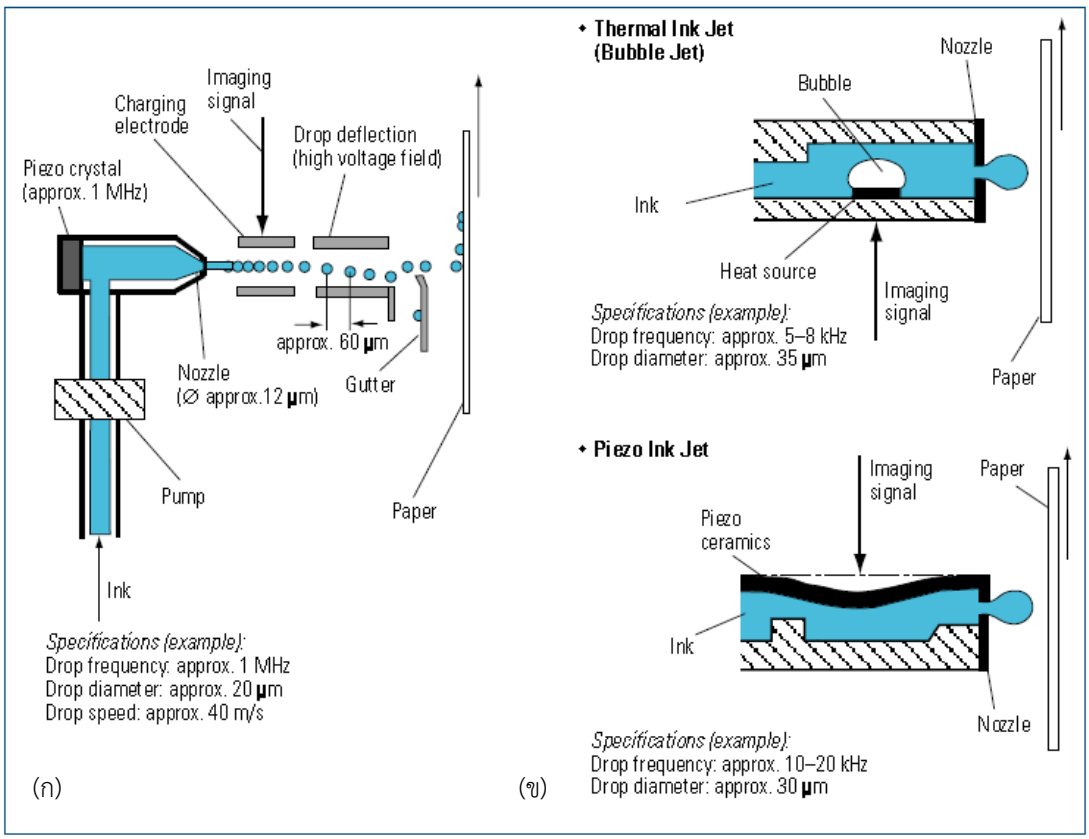
2.1 การพิมพ์ระบบพ่นหมึก (Inkjet printing)

ยงยุทธ ตั้งจิตปิยะนนท์และคณะ (2542, หน้า 324) ได้อธิบายเกี่ยวกับการพิมพ์ระบบพ่นหมึกพอสรุปได้ว่า การพิมพ์พ่นหมึกเป็นเทคโนโลยีการพิมพ์ที่ไม่มีแม่พิมพ์ ลักษณะของภาพที่ได้จะเกิดจากการเรียงตัวของจุดหรือเม็ดของหมึกพิมพ์โดยใช้การควบคุมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถสร้างข้อความหรือรูปภาพที่ต้องการจะพิมพ์ได้ โดยมีหัวพิมพ์เป็นตัวพ่นหมึกตามข้อมูลที่ถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์ หัวพิมพ์ไม่ได้สัมผัสกับพื้นผิววัสดุพิมพ์ แต่จะพ่นหยดหมึกเล็กๆ ลงบนวัสดุพิมพ์จากการที่หัวพิมพ์ได้ทั้งบนกระดาษ แก้ว พลาสติก โลหะ ซึ่งสามารถพิมพ์ได้อย่างชัดเจนและเป็นเทคโนโลยีการพิมพ์ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์บรรจุภัณฑ์มากกว่า เช่น พิมพ์บอกวันเดือนปีที่ผลิตสินค้า/หมดอายุ สัญลักษณ์รหัสแท่ง (Barcode) เครื่องหมายการค้า หรือ ภาพกกราฟิก รวมทั้งสามารถพิมพ์เป็นภาษาต่างๆ ได้ ตามที่ป้อนข้อมูลให้กับเครื่องพิมพ์

วีระ โชติธรรมาภรณ์ (2548, หน้า 131) ได้กล่าวถึงหลักการทำงานของการพิมพ์ระบบพ่นหมึก คือ หมึกจะถูกปั๊มจากอ่างหมึกไปยังหัวพิมพ์ที่มีการควบคุมการส่งสัญญาณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ จากนั้นหัวพ่นหมึกจะยิงหมึกในลักษณะเหลวภายใต้แรงอัด การยิงหมึกหรือการพ่นหมึกจะทำด้วยความถี่และความเร็วคงที่ ทำให้ลำหมึกแตกออกเป็นหยดหมึกที่มีขนาดเท่ๆ กัน และควบคุมให้หยดหมึกตกลงบนวัสดุที่เคลื่อนที่ไปรองรับ โดยจะสามารถควบคุมและหักเหทิศทางเดินของหยดหมึกให้เกิดเป็นภาพหรือตัวอักษรตามต้องการ

Helmut Kipphan (2001, p.63-65) ได้กล่าวไว้ว่าการพิมพ์ระบบพ่นหมึกจะจัดเป็นเทคโนโลยีการพิมพ์ระบบไม่สัมผัสซึ่งไม่ต้องอาศัยตัวกลางในส่งผ่านภาพพิมพ์ไปยังวัสดุพิมพ์ โดยจะสามารถถ่ายทอดหยดหมึกลงบนวัสดุใช้พิมพ์ได้โดยตรง จะสามารถแบ่งการพิมพ์ระบบพ่นหมึกออกเป็น 2 รูปแบบคือการพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่อง (Continuous Ink Jet) และการพิมพ์พ่นหมึกแบบเฉพาะจุดที่ต้องการ (Drop on Demand Ink Jet)

2.1.1 การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่อง (Continuous Ink Jet) จะเป็นเทคโนโลยีการพ่นหยดหมึกเล็กๆ ด้วยแรงดันคงที่ผ่านท่อแรงดัน โดยจะทำการควบคุมการเกิดภาพโดยใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้หยดหมึกไปตกลงบนกระดาษหรือควบคุมให้หยดหมึกไหลกลับไปยังแท็งค์เก็บหมึก และหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 เทคโนโลยีการพิมพ์ระบบพ่นหมึก

ก) การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่อง ข) การพิมพ์พ่นหมึกแบบเฉพาะจุดที่ต้องการ

ที่มา: Kipphan, 2001

2.1.2 การพิมพ์พ่นหมึกแบบเฉพาะจุดที่ต้องการ (Drop on Demand Ink Jet) จะเป็นเทคโนโลยีการพิมพ์พ่นหมึกที่แตกต่างจากแบบแรก โดยจะทำการพิมพ์หยดหมึกเฉพาะบริเวณที่มี

ภาพเท่านั้น โดยสามารถแบ่งออกเป็นระบบย่อยๆ ได้เป็นแบบพ่นหยดหมึกด้วยความร้อน (Thermal ink jet or Bubble jet) และแบบพ่นหยดหมึกด้วยวัสดุไพโซอิเล็กทริกส์ (Piezo Ink Jet)

2.1.2.1 วิธีพ่นหยดหมึกด้วยความร้อน (Thermal ink jet or Bubble jet) จะทำการพ่นหยดหมึกโดยใช้ความร้อนทำให้หมึกร้อนจนเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอพ่นผ่านท่อพ่น

2.1.2.2 วิธีพ่นหยดหมึกด้วยวัสดุไพโซอิเล็กทริกส์ (Piezo Ink Jet) จะทำการพ่นหยดหมึกโดยกลไกการเปลี่ยนรูปทรงของวัสดุไพโซอิเล็กทริกส์ภายในท่อพ่นหมึก ทำให้หยดหมึกที่เป็นของเหลวพุ่งออกมาจากหัวฉีด โดยวัสดุไพโซอิเล็กทริกส์จะเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์

จากข้อมูลข้างต้นจึงพอสรุปได้ว่าการพิมพ์ระบบพ่นหมึก เป็นเทคโนโลยีการพิมพ์ระบบไม่สัมผัสที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในส่งผ่านภาพพิมพ์ไปยังวัสดุพิมพ์ โดยจะสามารถถ่ายทอดหยดหมึกลงบนวัสดุใช้พิมพ์ได้โดยตรง ลักษณะของภาพที่ได้จะเกิดจากการเรียงตัวของจุดหรือหยดหมึกพิมพ์เล็กๆ โดยควบคุมด้วยการส่งสัญญาณจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถสร้างข้อความหรือรูปภาพที่ต้องการจะพิมพ์ได้ โดยมีหัวพิมพ์เป็นตัวพ่นหยดหมึกให้ตกลงบนวัสดุพิมพ์ โดยจะสามารถควบคุมและหักเหทิศทางเดินของหยดหมึกให้เป็นภาพหรือตัวอักษรตามต้องการ

2.2 หมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึก

ยงยุทธ ตั้งจิตปิยะนนท์ และคณะ (2542, หน้า 324-329) กล่าวว่าหมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึกที่ใช้มีทั้งที่ใช้น้ำและตัวทำละลายเป็นส่วนผสม ตัวทำละลายที่ใช้ เช่น เอทธานอล (Ethanol) และคีโตน (Ketone) การจะใช้หมึกที่มีน้ำเป็นส่วนผสมจะใช้กับวัสดุพิมพ์ที่มีสมบัติในการดูดซึมหมึกได้ในปริมาณพอเหมาะ ถ้าเป็นกระดาษบางไม่ควรใช้กระดาษที่ดูดซึมหมึกได้มาก เนื่องจากหมึกที่มีน้ำเป็นส่วนผสมจะทำให้หมึกแพร่กระจายออกด้านข้างและซึมลงเนื้อกระดาษมากเกินไป จะมีผลต่อรายละเอียดและสีของภาพที่พิมพ์ออกมา กระดาษที่เหมาะสมกับการพิมพ์แบบพ่นหมึก ควรเป็นกระดาษที่เคลือบผิวด้วยชั้นฟิล์มบางๆ ของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์หรือ พีวีเอ การพิมพ์พ่นหมึกยังใช้พิมพ์บนกระดาษกล่องถุงซีเมนต์ กระป๋องอาหารสำเร็จรูป เครื่องสำอาง เปลือกไข่ ขวดเครื่องดื่ม เป็นต้นหมึกพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ระบบพ่นหมึกต้องการคุณสมบัติเฉพาะทั้งด้านเคมีและด้านกายภาพเพื่อกำหนดและควบคุมการพ่นหยดหมึก การควบคุมทิศทางของหยดหมึกและสมบัติอื่นๆ ซึ่งหมึกพิมพ์ของระบบการพิมพ์พ่นหมึกได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับเครื่องพิมพ์และกระบวนการสร้างหยดหมึก การที่หมึกพิมพ์มีสมบัติเหมาะสมสำหรับการพิมพ์ระบบพ่นหมึกจะต้องมีองค์ประกอบต่างๆ รวมทั้งจะต้องมีสมบัติเฉพาะที่เหมาะสมดังต่อไปนี้

2.2.1 องค์ประกอบหมึกพิมพ์

องค์ประกอบหลักที่สำคัญของหมึกพิมพ์ในการพิมพ์ระบบพ่นหมึกจะเหมือนกับหมึกพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ระบบอื่นๆ คือ ประกอบด้วยตัวพาหมึก ซึ่งเป็นส่วน ที่มีตัวทำละลายเรซิน และ

สารเติมแต่งอื่นๆ หรือมักจะเรียกส่วนนี้ทั้งหมดโดยรวมว่าเป็น ฐานหมึก และสารให้สี ซึ่งเทคโนโลยีของหมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์พ่นหมึก

2.2.1.1 ตัวพาหมึกหรือฐานหมึก เป็นส่วนที่มีเรซิน ตัวทำละลาย และสารเติมแต่งละลายตัวเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ตัวทำละลายที่ใช้มีหลายชนิด เช่น น้ำ น้ำมัน หรือตัวทำละลายอื่นๆ เช่น แวกซ์ ทำให้ส่วนใหญ่มักแยกประเภทตัวพาหมึกตามชนิดของตัวทำละลาย ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ฐานน้ำ ฐานตัวทำละลาย และหมึกแวกซ์

1) ตัวพาหมึกฐานน้ำ ตัวพาหมึกฐานน้ำนี้จะใช้น้ำเป็นตัวทำละลายหมึกพิมพ์ที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมักแยกประเภทเป็นหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ซึ่งมีใช้ในเครื่องพิมพ์พ่นหมึกเพื่อวัตถุประสงค์ทั่วไปในการพิมพ์เอกสารสำหรับใช้ในสำนักงาน เช่น เครื่องพิมพ์พ่นหมึกของบริษัทฮิวเลตต์แพคการ์ดรุ่น DeskJet ของบริษัทแคนนอน รุ่น BJC และบริษัท เอปสันรุ่น Color Stylusส่วนใหญ่เป็นเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่มีกระบวนการสร้างหยดหมึกด้วยวิธีทางความร้อนเนื่องจากจากวิธีนี้จะมีการสร้างฟองอากาศจากหมึกภายในหัวฉีดหมึกตัวทำละลายที่เป็นน้ำเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดฟองอากาศได้ดี ส่วนประกอบทั่วไปในหมึกพิมพ์ฐานน้ำสำหรับการพิมพ์พ่นหมึก

2) ตัวพาหมึกฐานตัวทำละลายหมึกพิมพ์ที่มีตัวพาหมึกฐานตัวทำละลายมักจะแยกประเภทเป็นหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายซึ่งนิยมใช้ในเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่พิมพ์รหัสหรือข้อความในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์หรือการเคลือบผิวบนวัสดุใช้พิมพ์ที่ไม่ดูดซึมหมึกเช่น พลาสติก โลหะ และแก้ว เป็นต้น เนื่องจากหลังการพิมพ์หมึกพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์แล้วหมึกจะไม่สามารถดูดซึมหรือแพร่กระจายเข้าไปในวัสดุใช้พิมพ์ได้ ดังนั้น การแห้งตัวของหมึกพิมพ์จึงต้องใช้การระเหยตัวของตัวทำละลาย โดยต้องทำให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และต้องทำให้หมึกยึดติดบนวัสดุใช้พิมพ์ได้ดีด้วย

นอกจากนี้ ยังมีการใช้หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายในเครื่องพิมพ์พ่นหมึกขนาดใหญ่ เพื่อพิมพ์ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่เครื่องพิมพ์ประเภทนี้ส่วนใหญ่ใช้หัวพิมพ์ที่สร้างหยดหมึกด้วยวิธีไพโซอิเล็กทริกในรูปแบบการเฉือน หัวพิมพ์แบบนี้ต้องการหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายที่ไม่นำไฟฟ้าและไม่ทำปฏิกิริยากับส่วนประกอบไพโซอิเล็กทริกซึ่งอยู่ที่ผนังของท่อพ่นหมึกข้อดีของหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายเมื่อเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์ฐานน้ำ ก็คือแห้งตัวได้รวดเร็วกว่า ไม่ทำให้เกิดปัญหาวัสดุใช้พิมพ์ที่เป็นกระดาษโค้งงอหลังการพิมพ์

3) ตัวพาหมึกฐานแวกซ์ การใช้หมึกพิมพ์ชนิดเหลวมักมีปัญหาเรื่องการแห้งตัว และต้องใช้วัสดุชนิดเคลือบผิวพิเศษวิธีการหนึ่งที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถพิมพ์ในการพิมพ์พ่นหมึกระบบพ่นหมึก โดยไม่ต้องใช้วัสดุใช้พิมพ์ชนิดพิเศษ และหมึกพิมพ์แห้งตัวได้เร็วก็คือการใช้หมึกสถานะของแข็ง หรือเรียกว่า หมึกแข็ง หรือ หมึกพิมพ์ฮอตเมลต์ ซึ่งเป็นหมึกที่หลอมเหลวด้วยความร้อนหรือหมึกพิมพ์เฟสเชนจ์ หมึกพิมพ์ประเภทนี้มีตัวพาหมึกฐานแวกซ์ หมึกพิมพ์จะอยู่ในสถานะของแข็งที่อุณหภูมิห้องเมื่อหมึกพิมพ์จะพ่นออกจากหัวฉีดพ่นหมึกจะได้รับความร้อนให้หลอมละลาย

เป็นของเหลวก่อน เมื่อหมึกพิมพ์พ่นไปตกบนผิวหน้าของวัสดุใช้พิมพ์แล้วจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งทันที โดยหมึกพิมพ์จะไม่แพร่ซึมหรือดูดซึมเข้าไปในกระดาษการทำให้หมึกพิมพ์แข็งตัวโดยทันทีจะทำให้สามารถพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ได้หลายชนิดสีของภาพพิมพ์จะมีความอิ่มตัวสีดีขึ้นและพิมพ์ภาพที่มีความละเอียดสูงขึ้นได้เมื่อขยายภาพหมึกพิมพ์เฟสเชนจ์ที่อยู่บนวัสดุใช้พิมพ์จะยังคงสภาพหยดหมึก โดยไม่กระจายตัวไปด้านข้างแม้จะพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ที่มีผิวหน้าหยาบก็ตาม

2.2.1.2 สารให้สี สารให้สีที่ใช้ในหมึกพิมพ์ระบบการพิมพ์พ่นหมึกมี 2 ชนิดคือ ผงสีและสีย้อม สารให้สีในหมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์พ่นหมึกส่วนใหญ่เป็นสีย้อมในการพิมพ์ภาพสีหรือการพิมพ์ปรู๊ฟสี หรืองานพิมพ์อื่นที่ต้องการความทนทานสูงได้มีการพัฒนาหมึกพิมพ์ที่ใช้ผงสีเป็นสารให้สีซึ่งทำให้ได้คุณภาพของภาพดีขึ้นมีความทนทานมากขึ้น และการพ่นหมึกมีความแน่นอนยิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบการใช้หมึกพิมพ์ที่ใช้สีย้อมกับหมึกพิมพ์ที่ใช้ผงสีพิมพ์ลงบนกระดาษปกติหมึกพิมพ์ประเภทสีย้อม จะมีสีย้อมละลายในตัวทำละลาย ซึ่งจะถูกดูดซึมหรือแทรกซึมเข้าไปในกระดาษหรือสารเคลือบผิวกระดาษ ขณะที่หมึกพิมพ์ลงบนกระดาษ ตัวทำละลายจะถูกดูดซึมเข้าไปในกระดาษส่วนผงสีจะยังคงอยู่ที่ผิวหน้าของกระดาษ ข้อดีของหมึกพิมพ์ประเภทผงสีก็คือ ความทนทานต่อแสงและสภาพอากาศภายนอกได้ดีกว่าหมึกพิมพ์ประเภทสีย้อมจึงเหมาะสำหรับเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้พิมพ์ป้ายโฆษณาขนาดใหญ่อย่างไรก็ตามหมึกพิมพ์ประเภทผงสีที่อนุภาคผงสีแขวนลอยในตัวทำละลายมักจะสร้างปัญหาอุดตันของท่อฉีดหมึกได้ง่าย จึงไม่สามารถใช้กับท่อพ่นหมึกที่มีขนาดเล็กๆ ได้อันจะมีผลให้ความละเอียดของภาพหยาบเนื่องจากต้องใช้ท่อพ่นหมึกขนาดใหญ่

การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องมักใช้พิมพ์รหัสข้อความบนวัสดุใช้พิมพ์ที่ไม่ดูดซึมหมึก เช่น พลาสติกหรือโลหะ สายหมึกที่เกิดจากคลื่นแรงดันสูงในลักษณะต่อเนื่อง และแตกเป็นหยกหมึกเพื่อพุ่งตรงไปยังวัสดุใช้พิมพ์หรือย้อนกลับไปยังที่บรรจุหมึก ท่อพ่นหมึกสำหรับการพิมพ์พ่นหมึกลักษณะนี้มักจะมีการพิมพ์ขนาดใหญ่ทำให้สามารถใช้หมึกพิมพ์ประเภทผงสีได้ แต่จะให้คุณภาพการพิมพ์ที่ให้ความละเอียดต่ำหมึกที่ใช้อาจเป็นหมึกฐานตัวทำละลายที่เป็นแอลกอฮอล์ โดยมีเรซินสังเคราะห์ที่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ หรือตัวทำละลายประเภทคีโตนสอง เอสเทอร์ผสมกับเรซินโคพอลิเมอร์ที่ละลายได้ในคีโตนสองเอสเทอร์

ส่วนวิธีการพิมพ์พ่นหมึกแบบเฉพาะจุดที่ต้องการมักจะพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ที่ดูดซึมหมึก เช่น กระดาษ เครื่องพิมพ์ประเภทนี้อาจมีท่อพ่นหมึกถึง 1000 ท่ออยู่เรียงชิดติดๆ กันเพื่อให้ได้ภาพที่มีความละเอียดสูงและ มักใช้สำหรับการพิมพ์หลายสีโดยเครื่องพิมพ์อาจเป็นเครื่องพิมพ์สีเดียวหรือหลายสี โดยจะมีตลับหมึกหลายสีในตลับเดียว หมึกพิมพ์ฐานน้ำหรือฐานไกลคอล ที่ประกอบด้วยส่วนผสมของน้ำกับไกลคอลและสารเติมแต่งอื่นๆ เช่นไดเอทิลีนไกลคอล เหมาะสมหรับการพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ที่ดูดซึมหมึกเนื่องจากหมึกพิมพ์ประเภทนี้จะแห้งตัวด้วยการดูดซึมลงไปในเนื้อกระดาษกระดาษที่ดูดซึมหมึกได้ดี หมึกพิมพ์จะแห้งตัวได้เร็ว แต่ถ้ากระดาษดูดซึมหมึกมากเกินไป ก็จะสร้าง

ปัญหาของภาพทะลุได้ ดังนั้นจึงควบคุมแรงตึงผิวและความหนืดของหมึกให้เหมาะสมด้วยส่วนใหญ่มักใช้หมึกพิมพ์ที่มีแรงตึงผิวสูงและความหนืดต่ำ สีย้อมที่ใช้ต้องมีสมบัติทนทานต่อน้ำได้ดี มีความทนทานต่อแสงแดดให้จุดภาพที่มีขอบเรียบและคมชัดนอกจากนี้ยังต้องมีสมบัติได้ดี ซึ่งสีย้อมชนิดไดเรกต์ มีสมบัติตามที่กล่าว แต่มีปัญหาในเรื่องการนำไฟฟ้าและการผุกร่อน และเนื่องจากการพ่นหมึกมีขนาดเล็กมากเพื่อให้ภาพพิมพ์มีความละเอียดสูงการเตรียมหมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์พ่นหมึกจึงต้องให้มีความบริสุทธิ์สูง เพื่อกรองอนุภาคที่จะสร้างปัญหาอุดตันออก

2.2.2 สมบัติสำคัญของหมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึก

หมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึกต้องมีสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการสร้างภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ได้อย่างสมบูรณ์ตั้งแต่การสร้างหยดหมึกให้พ่นออกมาจากท่อพ่นหมึก การควบคุมทิศทางหยดหมึกให้ไปตกบนวัสดุใช้พิมพ์ คุณภาพของภาพบนวัสดุใช้พิมพ์ และความทนทานของภาพที่ติดบนวัสดุใช้พิมพ์รวมทั้งความปลอดภัยต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม
สมบัติสำคัญที่ต้องการสำหรับหมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึก ได้แก่ การไหลของหมึก แรงตึงผิว สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity) ความละเอียดของเนื้อหมึก และความทนทานต่อการใช้

2.2.2.1 การไหลของหมึกหมึกพิมพ์สำหรับการพิมพ์พ่นหมึกส่วนใหญ่เป็นหมึกเหลว ซึ่งต้องการการไหลของหมึกที่ดี ความหนืดของหมึกพิมพ์เป็นสมบัติที่ทำให้เกิดการไหลของหมึก ความหนืดของหมึกพิมพ์ที่ต้องการสำหรับการพิมพ์ระบบพ่นหมึกขึ้นกับเครื่องพิมพ์พ่นหมึกที่ใช้อย่างไรก็ตามการควบคุมความหนืดของหมึกให้คงที่ตลอดการใช้งานเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการพิมพ์ระบบพ่นหมึกในเครื่องพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องมีหมึกพิมพ์บางส่วนที่พ่นออกมาแต่ไม่ได้นำไปใช้สร้างภาพแต่ไหลย้อนกลับมาใหม่ ตัวทำละลายบางส่วนจะระเหยออกไปทำให้ความหนืดของหมึกเปลี่ยนแปลงได้ จึงมักต้องมีอุปกรณ์ควบคุมความหนืดในอ่างหมึกก่อนที่จะปั๊มเข้าท่อพ่นหมึกส่วนเครื่องพิมพ์พ่นหมึกเฉพาะจุดที่ต้องการก็เช่นเดียวกันต้องการความหนืดคงที่แน่นอน เพราะอุณหภูมิภายในท่อพ่นหมึกอาจเปลี่ยนแปลงได้เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่กระตุ้นวัสดุไพโซอิเล็กทริกและคลื่นความดันที่เกิดขึ้นภายในท่อ ซึ่งมีผลให้ความหนืดของหมึกแปรเปลี่ยนไปได้ ดังนั้น จึงมักจะมีอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิภายในท่อพ่นหมึกให้คงที่

2.2.2.2 แรงตึงผิวเป็นสมบัติที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำให้หมึกพิมพ์แต่ละหยดพ่นออกมาจากปากท่อพ่นหมึกปกตินำจะมีแรงตึงผิวประมาณ 72 ดายน์ต่อเซนติเมตร ซึ่งเป็นแรงตึงผิวสูงสุดสามารถเกิดเป็นหยดน้ำได้ง่าย แต่เมื่อต้องผสมกับสีย้อม เรซินและสารเติมแต่งอื่นๆ 50 – 60 ดายน์ต่อเซนติเมตร ส่วนหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายมักจะมีแรงตึงที่ต่ำกว่า

2.2.2.3 สภาพนำไฟฟ้า เป็นสมบัติที่ต้องการสำหรับหมึกพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องที่มีการสร้างประจุไฟฟ้าให้แก่หยดหมึก เนื่องจากต้องใช้หลักการเหนี่ยวนำประจุไฟฟ้าเพื่อควบคุมทิศทางของหยดหมึกให้ไปตกบนวัสดุใช้ใหม่ดังนั้นหมึกพิมพ์พ่นหมึกจะใช้ตัวทำละลายที่สามารถแตกตัวเป็น

ไอออนเพื่อให้สามารถนำไฟฟ้าได้ง่าย ปกตินำ้เป็นตัวทำละลาย ที่นำไฟฟ้าได้ดี และมักใช้เป็นตัวทำละลายในการพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่อง แต่เมื่อพิมพ์บนวัสดุใช้พิมพ์ที่ไม่ดูดซึมหมึก มักจะสร้างปัญหาในการแห้งตัว ดังนั้นจึงต้องใช้ตัวละลายชนิดสารอินทรีย์ ในยุคแรกหมึกพิมพ์พ่นหมึกจะใช้เมทานอล (Methamol) จึงเป็นตัวทำละลายเนื่องจากสามารถนำไฟฟ้าได้ดี ระเหยตัวได้เร็ว ทำให้หมึกแห้งตัวเร็ว แต่เมทานอลเป็นสารมีพิษเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อมปัจจุบันได้ใช้เอทานอล (Ethamol) และเมทิเอทิลคีโตน (Methyl ethylketone) ซึ่งมีพิษน้อย แต่มีความสามารถนำไฟฟ้าต่ำกว่านำ้และเมทานอล จึงอาจจะต้องมีการเติมสารประเภทเกลือที่ละลายตัวได้ในตัวทำละลายเพื่อเพิ่มสมบัติในการนำไฟฟ้า

2.2.2.4 ความเป็นเนื้อเดียวกันของหมึกเป็นสมบัติที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับหมึกพิมพ์พ่นหมึก เพื่อให้หมึกพิมพ์พ่นออกจากท่อพ่นหมึกขนาดเล็กได้ ความเป็นเนื้อเดียวกัน ของหมึกขึ้นกับความสามารถในการละลายตัวขององค์ประกอบต่างๆ ในตัวเข้าด้วยกันหมึกพิมพ์พ่นหมึกส่วนใหญ่ประกอบด้วย สีย้อมที่ละลายตัวได้ดี ให้สีที่สดใส แต่ความเข้มของสีหมึกพิมพ์ที่ได้ขึ้นกับความสามารถในการละลายตัวของสีย้อม ถ้ามีการเลือกชนิดของสีย้อมอย่างดีแล้วจะทำให้ ได้สีที่สดใสมีความอิ่มตัวสีที่ดีได้

ความสามารถในการละลายตัวของสีย้อมในตัวพาหมึกขึ้นกับค่า pH ปกติจะควบคุมระบบหมึกให้มีค่าเป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อยและควบคุมให้ค่าpH คงที่ ด้วยเติมสารเติมแต่งที่เป็นบัฟเฟอร์ เช่น โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate) นอกจากนี้ค่า pH ยังมีผลต่อการผุกร่อนของระบบหมึกได้เช่นเดียวกันเนื่องจากระบบหมึกส่วนใหญ่ทำด้วยโลหะดังนั้น การพิจารณาส่วนผสมของหมึกพิมพ์จะต้องพิจารณาวัสดุที่ใช้ในระบบหมึกของเครื่องพิมพ์ประกอบด้วย

การรักษาสภาพหมึกพิมพ์ให้คงที่ขณะจัดเก็บเป็นปัจจัยสำคัญทำให้คงระดับความสามารถในการละลายตัวของสีย้อมเนื่องจาก ถ้าความสามารถในการละลายตัวต่ำจะมีโอกาสเกิดการตกผลึกได้สูง ดังนั้นเพื่อรักษาความสามารถในการละลายตัวควรใช้สีย้อมที่มีปริมาณอนุภาคเกลือต่ำและใช้นำ้ที่ปราศจากไอออนหรือใช้นำ้กลั่นนอกจากนี้การใช้หมึกพิมพ์ฐานนำ้มันมักมีโอกาสเกิดกิริยาทางชีวภาพได้ง่ายกับเชื่อราหรือแบคทีเรีย อาจต้องเติมสารป้องกันเชื้อราด้วยการเลือกสารเติมแต่งทั้งหมดที่เติมในหมึกพิมพ์ก็จะต้องพิจารณาพิถีพิถันเช่นกันโดยเลือกชนิดที่ละลายตัวได้ดีและไม่สร้างปัญหาอุดตันด้วยตัวของสารเอง

2.2.2.5 ความละเอียดของหมึกพิมพ์การใช้หมึกพิมพ์ประเภทผงสีในการพิมพ์ระบบพ่นหมึกนอกจากผงสีไม่ละลายในตัวทำละลายดังนั้นผงสีที่ใช้ควรจะมีขนาดเล็กละเอียดที่สุดมิฉะนั้นจะสร้างปัญหาอุดตันของท่อพ่นหมึก และท่อพ่นหมึกสึกหรอได้ ปัจจุบันได้มีการผลิตหมึกพิมพ์ที่ใช้ผงสีมากขึ้น โดยเฉพาะที่ต้องการความทึบแสงและแห้งตัวได้เร็ว สมบัติด้านความละเอียดของหมึกพิมพ์จึงเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาหมึกพิมพ์ สำหรับการพิมพ์พ่นหมึกโดยหมึกพิมพ์ควรมีเนื้อหมึก

ละเอียดจึงมักมีการติดตั้งฟิลเตอร์ เพื่อกรองอนุภาคขนาดใหญ่ที่จะสร้างปัญหาอุดตันในท่อพ่นหมึก อย่างน้อยจะได้กรองเอาอนุภาคที่มีขนาดเท่ากับหรือใหญ่กว่าขนาดช่องเปิดของแผ่นฟิลเตอร์ออก ฟิลเตอร์ที่ใช้ส่วนใหญ่จะมีขนาดช่องเปิด 3 ไมครอนเนื้อหมึกที่ได้รับการกรองแล้วจะต้องได้รับการควบคุมสภาพให้คงที่ด้วยโดยไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีใดๆ หรือปฏิกิริยาทางชีวภาพ ขนาดเก็บหรือใช้งานอันจะมีผลให้มีอนุภาคใหญ่ขึ้น

2.2.2.6 ความคงทนต่อการใช้งานภาพพิมพ์ที่ได้จากการพิมพ์ระบบพ่นหมึกจะต้องแห้งตัวอย่างรวดเร็ว การพิมพ์พ่นหมึกแบบต่อเนื่องมักใช้หมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายที่ใช้ตัวทำละลายประเภทเอทานอลซึ่งจะแห้งตัวได้เร็วเกินไปอาจสร้างปัญหาการแห้งตัวภายในท่อพ่นหมึกได้จึงต้องมีสมบัติที่เหมาะสมด้วย การพิมพ์พ่นแบบต่อเนื่องมักพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการความทนทานต่อการขัดถู หมึกพิมพ์ยึดติดบนวัสดุพิมพ์ได้ดี หมึกพิมพ์ที่ใช้มักเป็นหมึกพิมพ์ฐานตัวทำละลายที่ให้สมบัติดังกล่าวได้ดี ถ้าต้องพิมพ์บนวัสดุที่ไม่ดูดซึม เช่น พลาสติก จะต้องเลือกหมึกพิมพ์ที่มีความสามารถในการยึดติดได้ดี เช่น อะคริลิกพอลีเอไมค์ (Polyamide) และมาลิอิก (Maleic)

จากข้อความด้านบนจึงพอสรุปเกี่ยวกับ หมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึก ได้ว่า เป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้ในการพิมพ์ระบบพ่นหมึกมีทั้งที่ใช้น้ำและตัวทำละลายเป็นส่วนผสมให้เหมาะสมกับสมบัติของวัสดุรองรับหรือการนำไปใช้โดยจะมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ สารให้สี ตัวทำละลายเรซิน และสารเติมแต่งอื่นๆ

2.3 การสกัดสาร (Extraction)

นุชลี คนหลัก และอริสรา มะตัง (2555, หน้า 9-10) กล่าวว่า การสกัดเป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารอินทรีย์ออกจากสารผสมวิธีที่นิยมใช้ในการสกัดได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย และการกลั่นด้วยไอน้ำโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายต้องเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมซึ่งจะต้องละลายสารอินทรีย์ที่ต้องการสกัดได้ดี และไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกับสารละลายของของผสมโดยการเลือกตัวทำละลายมีกฎว่าสิ่งที่เหมือนกันย่อมละลายในกันและกัน (Like dissolve like) คือสารที่มีขั้วจะลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว และสารที่ไม่มีขั้วก็จะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายนี้มักใช้ในการสกัดสารสำคัญจากพืชเพราะสามารถทำได้ง่าย และสะดวกแต่มีข้อเสียตรงที่ต้องใช้เวลานาน และใช้ตัวทำละลายในปริมาณมากทำให้สิ้นเปลือง และตัวทำละลายที่ใช้มักมีพิษซึ่งเมื่อสะสมอยู่เป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดโทษแก่ร่างกายได้ตัวอย่างเช่นเมทานอลถ้าได้รับเข้าสู่ร่างกายติดต่อกันเป็นระยะเวลานานๆ อาจทำให้ตาบอดได้หรือพวกตัวทำละลายต่างๆเช่นคลอโรฟอร์ม (Chloroform) และเฮกเซน (Hexane) ที่มีฤทธิ์เป็นสารก่อมะเร็ง เป็นต้น ดังนั้นเมื่อทำการสกัดสารด้วยตัวทำละลายเหล่านี้แล้วควรมีการระเหยตัวทำละลายนี้ออกให้หมดจากสารสกัดก่อนนำไปใช้

2.3.1 การสกัดสารสำคัญจากพืช

เทคนิคที่ใช้ในการสกัดเพื่อแยกเอาสาระสำคัญต่างๆที่อยู่ในพืชมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เพื่อให้เหมาะสมกับตัวอย่างหรือสารที่เราต้องการแยกออกจากพืชดังกล่าวมีวิธีการโดยสังเขปดังต่อไปนี้

1) การหมัก (Maceration) เป็นการสกัดพืชสดหรือสดแห้งที่ผ่านการบดแล้วด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมในภาชนะปิดโดยมีการเขย่าเป็นครั้งคราวที่อุณหภูมิห้องจนแน่ใจว่าสารสำคัญถูกละลายออกจนหมด

2) การย่อยสลาย (Digestion) เป็นการสกัดด้วยการหมักที่อุณหภูมิประมาณ 40 – 60 องศาเซลเซียส

3) เปอร์โคเลชันในการแช่ในคอลัมน์ (Percolation) เป็นการสกัดแบบต่อเนื่องต้องใช้ Percolator (อาจเป็นแก้วหรือโลหะ) บดพืชที่จะหมักให้ละเอียด ทำการหมักให้พองตัวจากนั้นบรรจุผงพืชลงใน Percolator ใส่ตัวทำละลายลงไปให้ท่วมพืชไขท่อด้านล่างให้สารสกัดออกมา

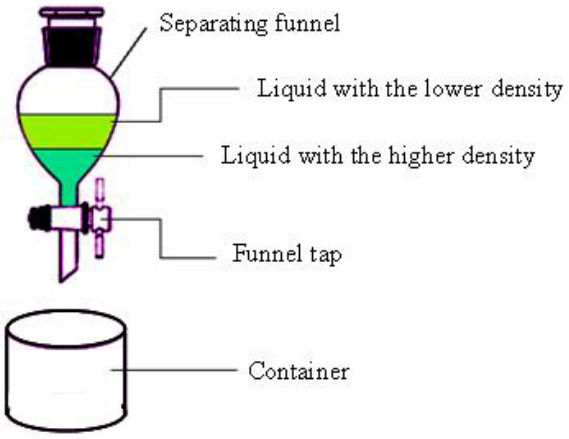
4) การสกัดด้วย Soxhlet Extractor เป็นวิธีการสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้ตัวทำละลายซึ่งมีจุดเดือดต่ำทำในเครื่องมือที่เรียกว่า Soxhlet apparatus การสกัดทำได้โดยใช้ความร้อนทำให้ตัวทำละลายระเหยขึ้นไปแล้วกลั่นตัวกลับลงมาอีกวนไปเรื่อยๆจนการสกัดสมบูรณ์

5) การต้ม (Decoctions) เป็นการสกัดสาระสำคัญซึ่งละลายน้ำ และทนต่อความร้อน สารสกัดโดยวิธีนี้ควรมีการเติมสารกันเสียหรือแช่แข็งเพื่อป้องกันจุลินทรีย์ สารสกัดชนิดนี้มีอายุสั้นควรเตรียมเพื่อใช้ใหม่ๆ

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

7) การกลั่น (Distillation) เป็นการแยกสารละลายที่เป็นของเหลวออกจากของผสมโดยอาศัยหลักการระเหยกลายเป็นไอ และควบแน่น โดยที่สารบริสุทธิ์แต่ละชนิดเปลี่ยนสถานะได้ที่อุณหภูมิจำเพาะ สารที่จุดเดือดต่ำจะเดือกเป็นไอออกมาก่อน เมื่อทำให้ไอของสารมีอุณหภูมิต่ำลงจะควบแน่นกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดเพราะทำง่าย ประหยัด

8) Liquid – liquid extractor เป็นการสกัดสารจากสารละลายซึ่งเป็นของเหลวลงในตัวทำละลายอีกชนิดหนึ่งซึ่งไม่ผสมกับตัวทำละลายชนิดแรก



ภาพที่ 2.2 การสกัด

ที่มา: www.share.psu.ac.th. ออนไลน์

2.4 วัสดุธรรมชาติ (พืชและสมุนไพร) ที่นำมาสกัด

2.4.1 วัสดุธรรมชาติที่นำมาสกัดสีม่วงแดง (Magenta)

2.4.1.1 กระเจี๊ยบแดงชื่อสามัญ Roselle ชื่อวิทยาศาสตร์ *Hibicus sabdariffa Linn.* ชื่ออื่น ภาคกลางเรียกว่า กระเจี๊ยบ กระเจี๊ยบเปรี้ยว ภาคใต้เรียกว่า ผักเก้งเค้ง ส้มเก้งเค้ง 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 ดอกเดี่ยวออกที่ซอกใบ กลีบดอกสีชมพูหรือเหลือง กลางดอกเป็นสีแดงเลือดนก เมื่อแก่เต็มที่กลีบเลี้ยงจะติดกัน ผลรูปร่างรีปลายผลยาวแหลม มีกลีบเลี้ยงสีแดงห่อหุ้ม ภายในผลมีเมล็ดสีดำเป็นจำนวนมาก ฤดูกาล ยอดอ่อนออกในช่วงฤดูฝน ส่วนดอกออกในช่วงเดือนตุลาคม แหล่งปลูก พบได้ทั่วไปทุกภาคของประเทศไทย ปลูกมากที่ จังหวัดสระบุรี

สรรพคุณ การกิน ผลอ่อน และยอดอ่อนนำมาต้มเป็นผักจิ้มน้ำพริก ยอดอ่อนและใบอ่อนมีรสเปรี้ยวนำไปแกงส้ม กลีบรองดอก และกลีบเลี้ยงนำไปต้มกับน้ำตาลเป็นน้ำกระเจี๊ยบ ทำแยมเยลลี และแต่งสีอาหาร สรรพคุณทางยา ใบ และยอด ช่วยละลายเสมหะ ขับปัสสาวะช่วยย่อยอาหาร เป็นยาระบาย ใช้บำรุงธาตุ นำมาตำพอกฝี และต้มเอาน้ำมาล้างแผล กลีบเลี้ยงช่วยขับปัสสาวะ ป้องกันการจับตัวของไขมันในเส้นเลือด ลดไข้ ไอ แก้นิ่ว ลดการกระหายน้ำ ทำให้สดชื่น (นิดดา หงส์วิวัฒน์ และคณะ. 2553, หน้า 18)

ภาพที่ 2.3 กระเจี๊ยบแดง
ที่มา: www.samunpri.com. ออนไลน์

2.4.1.2 ฝางชื่อสามัญ Sappan Tree ชื่อวิทยาศาสตร์ *Caesalpinia sappan L.*ชื่อวงศ์LEGUMINOSAE-CAESALPINIOIDEAE ชื่ออื่น ง้าย (กะเหรี่ยง-กาญจนบุรี) ฝาง (ทั่วไป) ฝางส้ม (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 กลีบรองดอกมี 5 กลีบ ขอบกลีบเกยซ้อนกัน กลีบล่างสุดโค้งงอ และใหญ่กว่ากลีบอื่น กลีบดอกสีเหลือง มี 5 กลีบ เกสรตัวผู้มี 10 อัน แยกเป็นอิสระ ผล เป็นฝักแบนแข็งเป็นจะงอยแหลม เปลือกเป็นสันมน ปลายแหลม มีเมล็ดเป็นรูปรี 2-4 เมล็ด ส่วนที่ใช้ แก่นของไม้มีสีแดง มีวัตถุไม่มีสี Haematoxylin อยู่ 10 เปอร์เซ็นต์ วัตถุนี้เมื่อถูกอากาศ อาจจะกลายเป็นสีแดง มีแทนนิน เรซิน และน้ำมันระเหยนิดหน่อย

สรรพคุณ ทางยารสขื่นขมหวาน ฝาด รับประทานเป็นยาบำรุงโลหิตสตรี ขับประจำเดือน แก้ปอดพิการ ขับหนอง ทำโลหิตให้เย็น รับประทานแก้ท้องร่วง แก้ธาตุพิการ แก้ร้อน แก้โลหิตออกทางทวารหนัก และเบา, รักษาน้ำกัดเท้า แก้คุดทะราด แก้เสมหะ แก้โลหิต แก้เลือดกำเดา,น้ำมันระเหย เป็นยาสมานอย่างอ่อน แก้ท้องเดิน วิธี และปริมาณที่ใช้ แต่งสี ย้อมสี นำแก่นฝางเสนหรือฝางส้ม มาแช่น้ำหรือต้มเคี่ยวจะได้สีชมพูเข้ม (Sappaned) นำมาใช้ตามต้องการ เป็นยาขับประจำเดือน ใช้แก่น 5-15 กรัม หรือ 5-8 ชิ้น ต้มกับน้ำ 2 ถ้วยแก้ว เติมเนื้อมะขามที่ติดรกอยู่ (แกะเมล็ดออกแล้ว) ประมาณ 4-5 ฝัก เคี่ยวให้เหลือ 1 แก้ว รับประทาน เช้า-เย็นเป็นยารักษาน้ำกัดเท้า ใช้แก่น 2 ชิ้น ฝนแก่นฝางกับน้ำปูนให้ข้นๆ ทาบริเวณที่น้ำกัดเท้า ในแก่นฝางมีตัวยาฝาดสมาน แก้ท้องร่วง ท้องเดิน ใช้แก่น หนัก 3-9 กรัม 4-6 ชิ้น ต้มกับน้ำ 2 ถ้วยแก้ว เคี่ยวให้เหลือ 1 ถ้วยแก้ว รับประทานครั้งละครึ่งถ้วยแก้ว หรือใช้ฝาง 1 ส่วน น้ำ 20 ส่วน ต้มเคี่ยว 15 นาที รับประทาน ครั้งละ2-4 ช้อนโต๊ะ หรือ 4-8 ช้อนแกง (ฝาง. 2557: ออนไลน์)

ภาพที่ 2.4 ฝาง

ที่มา: www.bookmuey.com/?page=Sappan_Tree.html&admintool=no**.** ออนไลน์

2.4.1.3 บีทรูทชื่อสามัญ Beetroot ชื่อวิทยาศาสตร์ Beta vulgaris Linn. ชื่ออื่น Common Beet, Garden Beet, ผักกาดฝรั่ง ผักกาดแดง

ถิ่นกำเนิด แถบเมดิเตอร์เรเนียนฤดูกาลให้ผลผลิตตลอดทั้งปี มีมากในช่วงเดือนธันวาคมถึงมีนาคม แหล่งปลูก ปลูกตามพื้นที่สูง แถบภาคเหนือของประเทศไทย การกินบีทรูทต้มสุกนำไปใส่ในสลัดต่างๆโดยเฉพาะสลัดผักสุก หัวสดนำไปดองสามรสไว้กินคู่กับอาหารจานหลักเช่น พาสต้า สเต๊ก หรือในจานอาหารไทย เช่น เต้าหู้ทรงเครื่อง ใช้แต่งสีแดงในขนมบัวลอยขนมน้ำดอกไม้ สลักเป็นลวดลายต่างๆประดับจานอาหารใบบีทรูทเป็นส่วนผสมของน้ำสลัดหรือน้ำจิ้มต่างๆ คั้นเป็นเครื่องดื่มสุขภาพ หรือนำไปแกะสลักประดับเป็นรูปต่างๆ โดยบีทรูทมีคุณสมบัติพิเศษกว่าพืชผักชนิดอื่นคือ ไม่ว่าจะนำมาผ่านการปรุงหรือถนอมอาหารแบบใดก็ตามก็จะยังคงความสดไว้ได้ทั้งลดชาติและเนื้อผักแต่ถ้านำมาดองน้ำส้มจะทำให้มีรสเผ็ดฉุนขึ้น แต่วิตามินและแร่ธาตุจะน้อยลง

สรรพคุณทางยาหัวบีทรูทมีโพแทสเซียมสูงสารสีที่เรียกว่าเบทานิน มีสรรพคุณในการรักษาโรคมะเร็ง นำมาทำเป็นน้ำบีทรูทผสมเจือจางกับน้ำผักผลไม้ตัวอื่น มีสรรพคุณในการรักษาโรคมะเร็งได้ นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันร่างกาย บำรุงเลือด ทำให้การไหลเวียนของโลหิตไปเลี้ยงส่วนต่างๆของร่างกายได้ดี บำรุงไตและถุงน้ำดี นอกจากนี้ยังเป็นอาหารล้างพิษสำหรับร่างกายโดยเฉพาะผู้ป่วยที่ติดสุราเรื้อรัง ผู้ติดยาเสพติด ผู้สูงอายุ และผู้ที่กำลังฟื้นฟูร่างกาย ใช้เป็นยาขับปัสสาวะ เป็นยาระบาย แก้เจ็บคอ ขับเสมหะ แก้ไอ ช่วยในการเจริญอาหารและแก้บิด ในสมัยโบราณนิยมนำส่วนหัวของบีทรูทมาใช้เป็นยาแก้อาการปวดต่างๆ เช่น ปวดหัวและปวดฟันเป็นต้น (ข้อมูลของผัก. 2558. ออนไลน์)

ภาพที่ 2.5 บีทรูท
ที่มา: www.frynn.com**.** ออนไลน์

2.4.1.4 กะหล่ำปลีม่วงชื่อสามัญ Red Cabbage ชื่อวิทยาศาสตร์ *Brassica oleracea Linn*

ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์ ผักรูปร่างกลมจากใบที่อัดแน่นลักษณะเป็นหัว มีทั้งสีเขียว สีขาว และสีม่วงตามสายพันธ์ มีถิ่นกำเนิดอยู่แถวเมดิเตอเรเนียน ต่อมาแพร่กระจายไปทั่วโลก สรรพคุณทางยาป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน สารซัลเฟอร์ (Sulfer) ช่วยกระตุ้นการทำงานของลำไส้ใหญ่ และต้านสารก่อมะเร็งที่เข้าสู่ร่างกาย ถ้ากินบ่อยๆ จะช่วยลดโอกาสการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่มะเร็งในช่องท้อง ลดระดับโคเลสเตอรอล ช่วยระงับประสาท ทำให้นอนหลับน้ำกะหล่ำปลีม่วงคั้นสดๆ ช่วยรักษาโรคกระเพาะอาหาร แต่ไม่ควรกินกะหล่ำปลีสดๆ วันละ 1-2 กิโลกรัม เนื่องจากมีสารกอยโตรเจน (Goitrogen) สูง ซึ่งจะมีผลต้องการทำงานของต่อมไทรอยด์ ทำให้ร่างกายนำไอโอดีนในเลือดไปใช้ได้น้อยลง แต่ถ้าทำให้สุกแล้วสารกอยโตรเจนนี้ก็จะหายไป (กะหล่ำปลีม่วง. 2557: ออนไลน์)

ภาพที่ 2.6 กะหล่ำปลีม่วง

2.4.2 วัสดุธรรมชาติที่นำมาสกัดสีดำ (Black)

2.4.2.1 หญ้าเฉาก๊วย (ธนพล เฉาก๊วย: ออนไลน์) เฉาก๊วย เป็นอาหารหวานชนิดหนึ่ง ซึ่งแพร่หลายในประเทศจีน จนถึงเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นที่รู้จักกันดีในฐานะที่เป็นทั้งในอาหารหวาน และเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ สำหรับในประเทศไทยนั้น ถือว่าเป็นอาหารหวานระดับพื้นบ้าน เนื่องจากมีการจำหน่ายทั่วไปในชุมชนเมืองทั่วประเทศ เฉาก๊วย เป็นผลผลิตต่อเนื่องจากการแปรรูปต้นเฉาก๊วย ซึ่งเป็นพืชในวงศ์ Lamiaceae (วงศ์มิ้นท์) วงศ์เดียวกับ สะระแหน่ กะเพรา โหระพา แมงลัก และยี่หร่า

ลักษณะ กึ่งเลื้อยขนาดเล็ก ลำต้นกลม เปราะและหักง่าย กิ่งก้านแผ่กว้างคลุมดิน ยาวได้ 2-3 ฟุต ใบเป็นใบเดี่ยว ออกตรงกันข้าม เป็นรูปรีแกมรูปใบหอก ปลายใบแหลม โคนใบสอบ ขอบใบจักเป็นฟันเลื้อย ก้านใบสีขาว ยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร ใบเป็นสีเขียวสด ดอกเป็นสีขาว ออกเป็นช่อแบบเชิงลด คล้ายดอกกะเพรา ตามซอกใบและปลายยอด แต่ละช่อประกอบด้วยดอกย่อยจำนวนมาก ดอกจะออกได้เรื่อยๆ เกือบทั้งปี

สรรพคุณ เช่นเดียวกับพืชอื่นๆ ในวงศ์มิ้นท์ เฉาก๊วยมีสรรพคุณแก้ร้อนในกระหายน้ำ แต่เนื่องจากมีระดับของน้ำมันหอมระเหย และสารออกฤทธิ์ ในระดับที่ต่ำกว่าตระกูลกะเพราเป็นอย่างมาก จึงส่งผลให้เฉาก๊วยไม่มีฤทธิ์ขับลม หรือบรรเทาปวด เหมือนดังที่มีในพืชตระกูลกะเพรา-โหระพาการปลูกเฉาก๊วย ขึ้นได้ในดินทั่วไป เป็นไม้ชอบแดดและความชุ่มชื้น ดังนั้นก่อนปลูกจึงควรผสมกาบมะพร้าวแห้งหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ พร้อมใส่แกลบดำลงไปอย่างละ 1 ส่วนเพื่อให้อุ้มน้ำชุ่มชื้นตลอดเวลา หลังปลูกบำรุงด้วยปุ๋ยมูลสัตว์หรือปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก 10 วันครั้ง จะทำให้ต้นเฉาก๊วยเจริญเติบโตเร็ว

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

ภาพที่ 2.7 หญ้าเฉาก๊วย

2.4.2.2 หล่อฮั้งก้วย (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา: ออนไลน์) อยู่ในตระกูลเดียวกันกับพวกแตง ชื่อวิทยาศาสตร์คือ Siraitia Grosvenori อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae และยังเป็นสมุนไพรพื้นเมืองของประเทศจีนสารสำคัญ ที่พบในหล่อฮั้งก้วยคือ โมโกรไซด์ (Mogrosides) ซึ่งเป็นสารในกลุ่มไตรเตอร์ปีน ไกลโคไซด์ (Triterpene Glycosides) เป็นสารที่มีรสชาติหวาน (หวานกว่าน้ำตาลประมาณ 300 เท่า) แต่ไม่ให้พลังงานและไม่มีผลกระทบต่อระดับอินซูลินในกระแสเลือดหล่อฮั้งก้วยมีสารให้ความหวานตามธรรมชาติคือ โมโกรไซด์ (Mogrosides) ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม ไตรเทอร์ปีน ไกลโคไซด์ (Triterpene glycosides) มีความหวานสัมพัทธ์ (Relative sweetness) 300 กล่าวคือมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส (Sucrose) 300 เท่า แต่ให้พลังงานน้อยมาก และไม่มีผลกระทบต่อระดับอินซูลินในกระแสเลือด สารสกัดจากหล่อฮั้งก้วยใช้เป็นสารให้ความหวาน (Sweetener) สำหรับผู้ป่วยเบาหวาน

สรรพคุณหล่อฮั้งก้วย แก้ร้อนใน กระหายน้ำ ขับเสมหะ ช่วยทำให้ชุ่มคอช่วยต้านอนุมูลอิสระ ช่วยยับยั้งการเป็นเนื้องอก ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง ช่วยบรรเทาโรคไอกรน บรรเทาอาการหอบหืด ช่วยบรรเทาโรคหลอดลมอักเสบสรรพคุณทางยาผลมีรสหวานชุ่มคอ มีสรรพคุณทางยา มีฤทธิ์เย็นใช้แก้อาการร้อนใน กระหายน้ำ ไอ ขับเสมหะ เป็นยาระบายอ่อน อีกทั้งยังรักษาโรคไอกรน ท้องผูก โรคหลอดลมอักเสบ หืด หอบ

วิธีการสกัด ทุบให้เปลือกแตก เอาเปลือกออกจะพบเม็ดเล็กๆ ข้างในซ้อนกันเรียกว่าไมโกรไซด์ ล้างน้ำให้สะอาดใส่ปริมาณน้ำและน้ำต้ม

ภาพที่ 2.8 หล่อฮั้งก้วย
ที่มา: www.jiankangherbs.com. ออนไลน์

2.4.2.3 กะหล่ำปลี (ราชบัณฑิตยสถาน, 2538) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์: ไม้ล้มลุกสองปี ลำต้นสั้นมาก ใบเดี่ยว รูปกลมหรือรูปไข่กว้าง เรียงสลับซ้อนกันแน่นหลายชั้นเป็นก้อนกลมแป้นหรือกลมรี แผ่นใบหนา ใบชั้นนอกสุดมีนวล กะหล่ำปลีที่ปลูกในประเทศไทยมีมากมายหลายพันธุ์ สามารถจัดกลุ่มได้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1. กะหล่ำปลีธรรมดา ชื่อสามัญ (Common Cabbage, White

Cabbage) ใบสีเขียวมีนวลรูปร่างและขนาดของหัวแตกต่างกันไปตามพันธุ์เป็นกลุ่มที่นิยมปลูกและกินกันมากที่สุด 2. กะหล่ำปลีแดง ชื่อสามัญ Red Cabbage ใบสีม่วงแดงเนื่องจากมีสาร Anthocyanin มากเป็นพิเศษ นิยมปลูกเป็นไม้ประดับ แต่กินได้เช่นเดียวกับกะหล่ำปลีธรรมดา

สรรพคุณ ป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน สารซัลเฟอร์ (Sulfer) ช่วยกระตุ้นการทำงานของลำไส้ใหญ่และต้านสารก่อมะเร็งที่เข้าสู่ร่างกาย ถ้ากินบ่อยๆ จะช่วยลดโอกาสการเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่มะเร็งในช่องท้อง ลดระดับโคเลสเตอรอล ช่วยระงับประสาท ทำให้นอนหลับน้ำกะหล่ำปลีม่วงคั้นสดๆ ช่วยรักษาโรคกระเพาะอาหาร แต่ไม่ควรกินกะหล่ำปลีสดๆ วันละ 1-2 กิโลกรัม เนื่องจากมีสารกอยโตรเจน (Goitrogen) สูง ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของต่อมไทรอยด์ ทำให้ร่างกายนำไอโอดีนในเลือดไปใช้ได้น้อยลง แต่ถ้าทำให้สุกแล้วสารกอยโตรเจนนี้ก็จะหายไป

ภาพที่ 2.9 กะหล่ำปลีแดง

2.4.2.4 กาแฟ (kofi, coffee, koffie, Brazilian coffee, Arabian coffee) (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา: ออนไลน์) เป็นพืชพื้นเมืองของทวีปอัฟริกา นำผลสุกมาแปรรูปเป็นเครื่องดื่มที่แพร่หลายทั่วโลก มีการปลูกต้นกาแฟในมากกว่า 70 ประเทศทั่วโลก กาแฟเขียว (กาแฟซึ่งยังไม่ผ่านการคั่ว) เป็นหนึ่งในสินค้าทางการเกษตรซึ่งมีการซื้อขายกันมากที่สุดในโลก เมล็ดของต้นกาแฟ มีส่วนประกอบของคาเฟอีน ซึ่งมีรสขม มีสรรพคุณชูกำลังในมนุษย์ มีฤทธิ์กระตุ้นระบบประสาท ช่วยให้ร่างกายสดชื่น ไม่ง่วงนอน การเก็บรักษาเมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วแล้วจำเป็นต้องได้รับการเก็บรักษาอย่างเหมาะสมเพื่อคงความสดของรสชาติเอาไว้ เงื่อนไขในการคงความสด คือ ความกดอากาศและความเย็น อากาศ ความชื้น ความร้อนและแสงสว่างถือว่าเป็นปัจจัยทางธรรมชาติที่สำคัญในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ ปัจจุบันกาแฟเป็นเครื่องดื่มซึ่งได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์: กาแฟ มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Coffea arabica* L. อยู่ในวงศ์ : Rubiaceae กาแฟเป็น ไม้พุ่ม สูง 2-4 เมตร ส่วนที่นำมาใช้บริโภคคือ ผล ผลสดมีลักษณะเป็นรูปไข่ เกือบเป็นทรงกลม เมื่อสุกมีสีแดง ปัจจุบันปลูกมากในเขตร้อนชื้นและกึ่งเย็น

สรรพคุณ เมล็ดกาแฟ มีคาเฟอีน มีฤทธิ์ กระตุ้นหัวใจ กระตุ้นประสาทส่วนกลาง ทำให้นอนไม่หลับ และมีสาร theophylline มีฤทธิ์ขับปัสสาวะ การดื่มกาแฟทำให้หัวใจเต้นเร็ว ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น เพราะมีสาร theobromine อาจทำให้มีอาการปวดแสบที่ลิ้นปี่ นอกจากนี้กาแฟ ยังลดการดูดซึมธาตุเหล็กอีกด้วย จึงควรระวังในการดื่มกาแฟ โดยเฉพาะขณะท้องว่าง

ภาพที่ 2.10 กาแฟ
ที่มา: www.uspayless.igetweb.com. ออนไลน์

2.4.3 วัสดุธรรมชาติที่นำมาสกัดสีเหลือง (Yellow)

2.4.3.1 เมล็ดพุดจีน (สมุนไพรดอทคอม, 2557: ออนไลน์) ชื่อสามัญ Gerdenia ชื่อวิทยาศาสตร์ *Gardenia jasminodes*ชื่อวงศ์ Rubiaceae ชื่อพฤกษาศาสตร์ Gardenia collinsne Crais ชื่ออื่นๆ พุดป่า (ลำปาง) พุดฝรั่ง (กรุงเทพฯ) พุดสา พุดสวน พุดจีน (กลาง) เค็ดถวา แควถวา (เชียงใหม่)

ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์ต้นเป็นพรรณไม้พุ่มเตี้ย มีลักษณะลำต้นคล้ายกับพุดจีน จะผิดกันตรงที่ว่าพุดซ้อนจะไม่มีสีขาวอยู่ในต้น และใบ เหมือนพุดจีน ใบพุดซ้อนเป็นไม้ที่มีใบหน้าแน่น ทำให้ดูทึบ ลักษณะของในรูปทรงรี ปลายใบแหลม ใบจะมีความยาวประมาณ 2-2.5 นิ้ว มีสีเขียวเข้ม ใบจะเหมือนๆ กับพุดจีน แต่จะผิดกันก็ตรงที่ไม่มียางสีขาวเท่านั้น ดอก ส่วนมากจะออกดอกเป็นดอกเดี่ยว อยู่ตามง่ามกิ่งตอน ใกล้ๆ กับตรงส่วนยอด ลักษณะของดอกเหมือนๆ กับดอกพุดจีนดอกของพุดซ้อนจะมีสีขาว และกลีบดอกจะซ้อนๆ กัน หลายชั้น จะมีกลิ่นหอมอ่อนๆ เมล็ด (ผล) จะมีเยื่อหุ้มเป็นสีแดงลักษณะเป็นผลยาวรี สีเหลือง ข้างในมีเม็ดสีเหลืองส้มจำนวนมาก ซื้อได้ตามร้านขายยาจีน สารสำคัญในเม็ดที่ให้สีเหลืองคือ โครซิน (Crocin) นิยมใช้แต่งสีน้ำเก๊กฮวยให้มีสีเหลืองอ่อนๆ แต่งสีเต้าหู้เหลือง มีกลิ่นหอมเด่นเฉพาะน่าบริโภคกว่าย้อมด้วยสีสังเคราะห์ซึ่งไม่มีกลิ่นดังกล่าว การขยายพันธุ์ โดยการตอนกิ่ง ส่วนที่ใช้ น้ำจากต้น เนื้อไม้ น้ำจากดอก เนื้อที่หุ้มเมล็ด ใบ เป็นยา

สรรพคุณ น้ำจากต้นใช้เป็นยาขับพยาธิ เนื้อไม้ ใช้เป็นยาเย็น ลดพิษไข้ และยังใช้ทำธูป ทำหัวน้ำหอม น้ำจากดอก ใช้ผสมน้ำมันใช้เป็นยารักษาโรคผิวหนัง เนื้อที่หุ้มเมล็ดจะให้สี ส่วนด้านอื่นๆ เป็นพรรณไม้ของไทยเราเอง จะอยู่ในวงศ์เดียวกับพวกเข็ม (Lxora)

ภาพที่ 2.11 เมล็ดพุดจีน
ที่มา: www.jiankangherbs.com**.** ออนไลน์

2.4.3.2 ดอกคำฝอย (ดอกคำฝอย: ออนไลน์) ชื่อสามัญ Safflower, False Saffron, Saffron Thistleชื่อวิทยาศาสตร์ *Carthamus tinctorius L.* วงศ์ Compositae ชื่ออื่น คำคำฝอย 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 สรรพคุณดอกหรือกลีบที่เหลืออยู่ที่ผล, รสหวาน บำรุงโลหิตระดู แก้น้ำเหลืองเสีย แก้แสบร้อนตามผิวหนัง, บำรุงโลหิต บำรุงหัวใจ บำรุงประสาท ขับระดู แก้ดีพิการ, โรคผิวหนัง ฟอกโลหิต, ลดไขมันในเส้นเลือด ป้องกันไขมันอุดตัน เกสร บำรุงโลหิต ประจำเดือนของสตรี เมล็ดเป็นยาขับเสมหะ แก้โรคผิวหนัง ทาแก้บวม ขับโลหิตประจำเดือน ตำพอกหัวเหน่า แก้ปวดมดลูกหลังจากการคลอดบุตรน้ำมันจากเมล็ดทาแก้อัมพาต และขัดตามข้อต่างๆ ดอกแก้ใช้แต่งสีอาหารที่ต้องการให้เป็นสีเหลือง

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

สารเคมีดอกพบ Carthamin, Sapogenin, Carthamone, Safflomin A, Sfflor Yellow, Safrole Yellow เมล็ด จะมีน้ำมัน ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว คุณค่าด้านอาหาร

ในเมล็ดคำฝอย มีน้ำมันมาก สารในดอกคำฝอย พบว่าแก้อาการอักเสบ มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อบางตัวได้ในประเทศจีน ดอกคำฝอย เป็นยาเกี่ยวกับสตรี ตำรับยาที่ใช้รักษาสตรีที่ประจำเดือนคั่งค้างไม่เป็นปกติ หรืออาการปวดบวม ฟกช้ำดำเขียว มักจะใช้ดอกคำฝอยด้วยเสมอ โดยต้มน้ำแช่เหล้า หรือใช้วิธีตำพอก แต่มีข้อควรระวังคือ หญิงมีครรภ์ ห้ามรับประทานใช้ดอกคำฝอยแก่ มาชงน้ำร้อน กรอง จะได้น้ำสีเหลืองส้ม (สาร Safflower yellow) ใช้แต่งสีอาหารที่ต้องการให้เป็นสีเหลือง

ภาพที่ 2.12 ดอกคำฝอย
ที่มา: www.jiankangherbs.com**.** ออนไลน์

2.4.3.3 มะตูม (สรรพคุณ...สมุนไพร: ออนไลน์) ชื่อวิทยาศาสตร์: Aegle marmelos (L.) Correa ex Roxb. ชื่อสามัญ: Bael วงศ์: Rutaceae ชื่ออื่น: มะปิน (ภาคเหนือ) กระทันตาเถร ตุ่มเต้ง ตูม (ปัตตานี) มะปีส่า (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์: ไม้ต้น สูง 10 - 15 เมตร เปลือกต้นสีเทา แตกเป็นร่องตามยาว ใบ เป็นใบประกอบแบบนิ้วมือ ออกเรียงสลับ มีใบย่อย 3 ใบ ใบย่อยใบปลาย รูปไข่ กว้าง 2-6 เซนติเมตร ยาว 5-14 เซนติเมตร 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 นิ่ม เมล็ดมีจำนวนมาก

ส่วนที่ใช้: ผลโตเต็มที่ ผลแก่จัด ผลสุก ผลอ่อน ใบ ราก

สรรพคุณ ผลโตเต็มที่ - ฝานเป็นชิ้นบางๆ ตากแห้งคั่วให้เหลือง ชงรับประทาน แก้ท้องเดิน ท้องเสีย ท้องร่วง โรคลำไส้เรื้อรังในเด็ก ผลแก่จัดแต่ยังไม่สุก - น้ำมาเชื่อมรับประทานต่างขนมหวาน จะมีกลิ่นหอม และรสชวนรับประทาน บำรุงกำลัง รักษาธาตุ ขับลม ผลสุก - รับประทานต่างผลไม้ เป็นยาระบายท้อง และยาประจำธาตุของผู้สูงอายุ ที่ท้องผูกเป็นประจำ ใบ - ใส่แกงบวชเพื่อแต่งกลิ่น ราก - แก้หืด หอบ แก้ไอ แก้ไข้ ขับลม แก้มุตกิต

วิธีและปริมาณที่ใช้ ใช้ผลโตเต็มที่ ฝานตากแห้ง คั่วให้เหลือง ชงน้ำดื่ม ใช้ 2-3 ชิ้นชงน้ำเดือดความแรง 1 ใน 10 ดื่มแทนน้ำชา หรือชงด้วยน้ำเดือด 2 ถ้วยแก้ว ดื่มครั้งละครึ่งถ้วยแก้ว

สารเคมี ผลมะตูม ประกอบด้วยสารที่มีลักษณะเป็นเมือกๆ คือ Mucilage, Pectin, Tannin, Volatile oil และสารที่มีรสขม (มะตูม. 2558. ออนไลน์)

ภาพที่ 2.13 มะตูม
ที่มา: www.jiankangherbs.com**.** ออนไลน์

2.4.3.4 เก๊กฮวย หรือ เก๊กฮวย (สุขภาพ การแพทย์แผนไทย สมุนไพรไทย ความงาม: ออนไลน์) ภาษาอังกฤษ Chrysanthemum มีอยู่หลายสายพันธุ์ โดยสายพันธุ์หลักที่ใช้เป็นยาได้แก่ ดอกเก๊กฮวยสีขาว (ชื่อวิทยาศาสตร์ Dendranthema morifolium (Ramat.) Tzvel.) หรือ (ชื่อวิทยาศาสตร์ Chrysanthemum morifolium Ramat.) และดอกเก๊กฮวยสีเหลือง (ชื่อวิทยาศาสตร์ Dendranthema indicum L.) หรือ (ชื่อวิทยาศาสตร์ Chrysanthemum indicum L.) สำหรับสายพันธุ์อื่น ก็เช่น ดอกเก๊กฮวยป่า (ชื่อวิทยาศาสตร์ Dendranthema boreale (Makino) Ling) โดยคุณสมบัติเด่นของเก๊กฮวยก็คือ มีกลิ่นฉุน มีรสขมและรสหวาน มีฤทธิ์เป็นยาเย็น

เก๊กฮวย เป็นพืชดั้งเดิมของประเทศจีนและญี่ปุ่น แต่ภายหลังได้แพร่กระจายไปทั่วในประเทศกัมพูชา ลาว รวมถึงบ้านเราด้วย ซึ่งจะเพาะปลูกได้ดีในพื้นที่สูงของประเทศ โดยมีการจำหน่ายเป็นดอกสด สำหรับดอกเก๊กฮวยที่นำมาใช้ควรเป็นดอกสีขาวหรือดอกสีเหลือง และไม่ใช่สายพันธุ์ที่เก็บมาจากในป่าเพราะอาจเป็นคนละชนิดกัน

ดอกเก๊กฮวย มีสารพวกฟลาโวนอยด์ (Flavonoid), สารไครแซนทีมิน (Chrysanthemin),สารอะดีนีน (Adenine), สตาไคดวีน (Stachydrine), โคลีน (Choline) กรดอะมิโน และน้ำมันหอมระเหยที่ช่วยรักษาและป้องกันโรคเส้นเลือดหัวใจตีบ ช่วยขยายหลอดเลือด ลดการเกิดภาวะหัวใจล้มเหลว

สรรพคุณ น้ำเก๊กฮวย ช่วยดับกระหาย เพิ่มความสดชื่น ช่วยกำจัดสารพิษออกจากร่างกาย สรรพคุณทางยาช่วยขับเหงื่อ จากงานวิจัยพบว่าสารสกัดจากดอกเก๊กฮวยมีคุณสมบัติช่วยยับยั้งเชื้อไวรัสเอดส์ได้ ช่วยดูดซับสารก่อมะเร็งและจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ช่วยขยายหลอดเลือดแดงใหญ่ที่ไปเลี้ยงหัวใจ ช่วยป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดต่างๆ ช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจ ภาวะหัวใจล้มเหลว ช่วยป้องกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ช่วยป้องกันการเกิดโรคเส้นเลือดตีบ ช่วยบำรุงโลหิต ช่วยเพิ่มการไหลเวียนของโลหิต ช่วยบำรุงและรักษาสายตา

ดอกเก๊กฮวยเหลือง ช่วยแก้อาการตาบวมแดง ปวดตา มองเห็นไม่ชัด ตาเบลอ ตามัว แก้อาการตาอักเสบ ด้วยการใช้ดอกสดตำแล้วนำมาประคบภายนอกดวงตา ช่วยแก้อาการปวดศีรษะเนื่องจากการกำเริบของหยางในตับ ช่วยบรรเทาอาการวิงเวียนศีรษะ หน้ามืด ตาลาย

ดอกเก๊กฮวยขาว ช่วยแก้ไข้ ช่วยแก้อาการหวัด หากใช้ร่วมกับสะระแหน่ ใบไผ่ขม จะช่วยแก้อาการไอได้

นอกจากนี้ดอกเก๊กฮวยยังช่วยแก้ร้อนใน มีฤทธิ์เป็นยาเย็น ช่วยดับพิษร้อน ช่วยระบายและย่อยอาหารช่วยขับลม ช่วยบำรุงปอด ช่วยบำรุงตับ ไต ใช้รักษาฝีเป็นหนอง บวมและเป็นพิษ ด้วยการใช้ดอกสดนำมาบดผสมน้ำแล้วดื่ม และนำกากที่เหลือมาพอกบริเวณที่เป็น และยังมีสรรพคุณช่วยรักษาผมร่วง ทำให้ผมไม่เปลี่ยนเป็นสีเทา

ภาพที่ 2.14 เก๊กฮวย
ที่มา: www.jiankangherbs.com**.** ออนไลน์

2.4.4 วัสดุธรรมชาติที่นำมาสกัดสีน้ำเงินเขียว (Cyan)

2.4.4.1 ดอกอัญชัน (สมพร, 2547) (ชื่อวิทยาศาสตร์: Clitoria ternatea L.) เป็นไม้เถา ลำต้นมีขนนุ่ม มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาใต้ ปลูกได้ทั่วไปในเขตร้อน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ อัญชันเป็นไม้เลื้อยเนื้ออ่อน อายุสั้น ใช้ยอดเลื้อยพัน ลำต้นมีขนปกคลุม ใบประกอบแบบขนนก เรียงตรงข้ามยาว 6-12 เซนติเมตร มีใบย่อยรูปไข่ 5-7 ใบ

กว้าง 2-3 เซนติเมตร ยาว 3-5 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบมน ผิวใบด้านล่างมีขนหนาปกคลุม ประกอบด้วย

ดอก รักษาอาการผมร่วง แก้พิษต่างๆ แก้ฟกบวม ให้สีแอนโธไซยานินแต่งสีอาหารและย้อมผ้า ดอกอัญชันใช้ทำสีผสมอาหาร โดยตำหรือปั่นให้ละเอียดผสมน้ำคั่น กรองเอาน้ำผสมอาหารคาวหรือหวานมาตั้งแต่โบราณกาล

เมล็ดรสเมาเบื่อเย็น เป็นยาระบาย อาจทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน

ราก รสขม บำรุงดวงตา ทำให้ตาสว่าง แก้ตาเจ็บ แก้ปัสสาวะพิการ ขับปัสสาวะ แก้ปวดฟัน เป็นยาระบาย แก้ตาฟาง ตาแฉะ

ประโยชน์ในการแต่งสี ดอกอัญชันตำหรือปั่นให้ละเอียด ผสมน้ำคั่น กรองด้วยผ้าขาวบาง จะได้สีน้ำเงินขนมต่างๆ เช่น ขนมชั้น ซ่าหริ่ม ถั่วแปบ ขนมเรไร ขนมขี้หนู ขนมน้ำดอกไม้ โบราณนิยมใช้ดอกอัญชันดอกม่วงย้อมผม ช่วยให้ผมดำตามธรรมชาติไม่หงอกก่อนวัย นำมาเขียนคิ้วเด็กแรกเกิดจะทำให้คิ้วดกดำ

ภาพที่ 2.15 ดอกอัญชันสด

สารองค์ประกอบทางเคมีสารแอนโธไซยานินที่มีอยู่มากในดอกอัญชันแต่งสีอาหารและย้อมผ้ามีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น การเพิ่มความสามารถในการมองเห็น เพิ่มการไหลเวียนในหลอดเลือดเล็ก ๆ ทำให้กลไกการมองเห็นแข็งแรงขึ้น เนื่องจากมีเลือดมาเลี้ยงมากขึ้น

วิธีการสกัดสารแอนโธไซยานิน การสกัดสารจากดอกอัญชันด้วยเอทิลแอลกอฮล์ทั้งกลัยโคโซด์ ไม่ละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์ จึงมักสกัดพืชด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ก่อนเพื่อสกัดเอาไขมันออกก่อนที่จะสกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์

ภาพที่ 2.16 ดอกอัญชันแห้ง

2.5 แอลกอฮอล์จากอ้อย

เอทานอล (Ethanol) (น้ำตาลและอ้อยตะวันออก, 2556: ออนไลน์) หรือที่เรียกว่า เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) เป็นแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งซึ่งเกิดจากการหมักพืชเพื่อเปลี่ยนแป้งจากพืชเป็นน้ำตาล แล้วเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ เมื่อทำให้เป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ 95 เปอร เซ็นต์ โดยการกลั่นจะเรียกว่า เอทานอล (Ethanol) เอทานอลที่นำไปผสมในน้ำมันเพื่อใช้เติมเครื่องยนต์เป็นแอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ตั้งแต่ 99.5 เปอรเซ็นต์โดยปริมาตร จะสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ โดยหากนำมาใช้เป็นส่วนผสมกับน้ำมันเบนซินในอัตราส่วนต่างๆ จะเรียกว่าน้ำมันแก๊สโซฮอล์ หรือผสมกับน้ำมันดีเซลล์ก็จะได้เป็นน้ำมันดีโซฮอล์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เอทานอลบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงได้ ในรถยนต์และเครื่องยนต์ที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม จากการศึกษาพบว่าการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลในอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อรถยนต์ประเภทต่างๆ ในอัตราส่วนของเอทานอลตั้งแต่ 0 เปอรเซ็นต์ ไปจนถึง 100 เปอรเซ็นต์จะสามารถลดการปล่อยมลพิษได้เกือบทุกชนิด เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน เบนซิน และไนโตรเจนออกไซด์ เป็นต้น

เอทานอล (Ethanol) หรือเอทิแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol) คือ แอลกอฮอล์ที่ได้จากกระบวนการหมัก (Fermentation) พืชทุกชนิดที่มีแป้ง (starch) ได้แก่ มันสำปะหลัง มันเทศ บีทรูท และธัญพืชต่าง ๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง รวม ทั้งพืช ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้ที่มีรสหวาน ได้แก่ อ้อย ต้นข้าวฟ่างหวาน ลิ้นจี่ ลำไย สับปะรด และกากน้ำตาล (Molasses) เทคโนโลยีสมัยใหม่ก็ได้พยายามนำวัสดุเหลือทิ้งและเหลือใช้ (wastes and residues) จากอุตสาหกรรมเกษตร เช่น เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งเป็นชิ้นส่วนองค์ประกอบของพืช เช่น ต้น ก้านใบ ได้แก่ เศษไม้จากโรงเลื่อย ขี้เลื่อย แกลบ ซังข้าวโพด มาผลิตเอทานอล ตารางเปรียบเทียบปริมาณเอทานอลที่ได้จากวัตถุชนิดต่าง ๆ มีดังนี้ วัตถุดิบ 95% เอทานอล (ลิตร), กากน้ำตาล 1 ตัน 260, อ้อย 1 ตัน 70, หัวมันสด 1 ตัน 180, ข้าวฟ่าง 1 ตัน 70, ธัญพืช (ข้าว ข้าวโพด) 1 ตัน 375, น้ำมันมะพร้าว 1 ตัน 83 เอทานอลที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะต้องมีความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ตั้งแต่ 95-99.5 เปอร์เซ็นต์ โดย

ปริมาตร ซึ่งจะเป็นเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนสูง เพราะมีออกซิเจนสูงถึง 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ดังนั้นหากผสมเอทานอลในน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วด้วยอัตราส่วนที่เหมาะสม แล้ว จะทำให้ได้น้ำมันเชื้อเพลิงที่สะอาดและเผาไหม้ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดการเกิดมลพิษในอากาศ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อสภาวะแวดล้อมอีกด้วย

2.5.1 เอทานอล สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.5.1.1 Anhydrous Ethanol เอทานอลที่มีน้ำอยู่น้อยมากหรือเอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ตั้งแต่ 99 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ซึ่งสามารถใช้ผสมกับเชื้อเพลิงเบนซินได้ เอทานอลชนิดนี้ยังแบ่งย่อยได้อีก 2 ชนิด Denatured anhydrous ethanol เอทานอลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยเติมสารปนเปื้อนลงใน เอทานอลบริสุทธิ์เพื่อให้เอทานอลนั้นไม่สามารถดื่มได้ Indentured anhydrous Ethanol เอทานอล บริสุทธิ์ที่ไม่มีสิ่งเจือปนลงไป สามารถใช้บริโภคได้

2.5.1.2 Hydrous Ethanol การเอาเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแอลกอฮอล์ที่นำมาใช้งานเป็นเชื้อเพลิง ปัจจุบันเป็นแบบ 95 เปอร์เซ็นต์หรือ 99.5 เปอร์เซ็นต์โดย แบบ 95 เปอร์เซ็นต์จะใช้จากขบวนการกลั่นแบบธรรมดา มีน้ำผสมอยู่ 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแบบ 99.5 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำผสมอยู่ 0.5 เปอร์เซ็นต์และมีขบวนการเพิ่มเติมขึ้นมา 2 วิธี และการใช้สารดูดความชื้น (Molecular Sieve Absorption)

2.5.2 การผลิตเอทานอลจากอ้อย ผลิตเอทานอลจากอ้อยนั้นทำได้ 2 วิธีการคือ

2.5.2.1 ใช้น้ำอ้อยจากอ้อยสด นำน้ำอ้อยไปหมักร่วมกับยีสต์ อ้อยสด 1 ตัน ได้เอทานอล 70 ลิตร ในขณะเดียวกันหากนำอ้อยมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลอาจเกิดปัญหาวัตถุดิบไม่เพียงพอได้ นอกจากนี้แล้วนำอ้อยมาผลิตเอทานอลยังมีข้อจำกัดในด้านการปลูกและการตัดส่งโรงงานได้เพียงปีละไม่เกิน 5 เดือน ก็มีปัญหาในการผลิตเอทานอลโดยตรงจากอ้อย นอกจากนี้การนำอ้อยมาใช้เป็นวัตถุดิบยังต้องคำนึงถึงปัญหาในเรื่องการแบ่งผล ประโยชน์ระหว่างชาวไร่อ้อย และโรงงานน้ำตาลตามพระราชบัญญัติอ้อยและน้ำตาลทราย 2527 ด้วย

2.5.2.2 การใช้กากน้ำตาล ใช้กากน้ำตาลหมักร่วมกับยีสต์โดยใช้กากน้ำตาล 1 ตัน สามารถผลิตเอทานอลได้ 260 ลิตร กากน้ำตาล (Molasses) เป็นผลพลอยได้ หากอุตสาหกรรมน้ำตาลโดยทั่วไปอ้อย 1 ตัน จะได้กากน้ำตาลประมาณ 45-50 กิโลกรัม/ตัน อ้อยปริมาณผลิตแต่ละปีไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของอ้อย ปริมาณกากน้ำตาลในปี 2548-49 ได้ปริมาณกากน้ำตาลประมาณ 2.11 ล้านตัน กากน้ำตาลที่ผลิตได้จะใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออก การใช้ภายในประเทศส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสุราและแอลกอฮอล์ อีกทั้งยังใช้อุตสาหกรรมผลิตยีสต์ ซีอิ้ว และผงชูรส

2.5.3 ข้อดีของเอทานอลพลังงานทดแทนจากวัสดุเกษตร พอสรุปได้ดังนี้

1) ชาวไร่มีแหล่งขายวัตถุดิบเพิ่มขึ้น

2) ชาวไร่สามารถสร้างโรงงานผลิตในแหล่งวัตถุดิบกระจายออกไปทั่วประเทศ

3) สามารถผลิตใช้เองโดยไม่มีวันหมด

4) สร้างงานให้เกษตรกรเพิ่มขึ้น ลดปัญหาการว่างงาน และกระจายแหล่งงานสู่ชนบท

5) ช่วยประหยัดเงินตราต่างประเทศ

6) ช่วยให้ประเทศชาติมีแหล่งพลังงานเพิ่มขึ้น

7) ช่วยเพิ่มพลังต่อรองให้กับเกษตรกร

8) ยกระดับราคาพืชไร่และสร้างเสถียรภาพด้านราคา

9) ลดมลพิษในอากาศจากสารเพิ่มออกเทนที่ใช้สาร MTBE โดยใช้เอทานอลผสมแทน

10) ตัดค่าขนส่งและค่าประกันทั้งในการส่งออกผลผลิตจากพืชไร่ไปยังตลาดต่างประเทศและการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิง

11) ด้านเศรษฐกิจ ทำให้มีเงินหมุนเวียนเพิ่มขึ้น

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทสีฟ้าและสีดำเพื่อบรรจุภัณฑ์อาหารผู้ศึกษาได้ศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ดังนี้

2.6.1 งานวิจัยในประเทศ

นุชลี คนหลัก และอริสรา มะตัง (2555) ศึกษาเรื่อง การประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากการสกัดหยาบต้นป๊อปปิ้ง พ๊อดและผลิตภัณฑ์ครีมนม พบว่าการสกัดเป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารอินทรีย์ออกจากสารผสมวิธีที่นิยมใช้ในการสกัดได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลาย และการกลั่นด้วยไอน้ำโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายต้องเลือกใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมซึ่งจะต้องละลายสารอินทรีย์ที่ต้องการสกัดได้ดี และไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกับสารละลายของของผสมโดยการเลือกตัวทำละลายมีกฎว่าสิ่งที่เหมือนกันย่อมละลายในกันและกัน (Like dissolve like) คือสารที่มีขั้วจะลายในตัวทำละลายที่มีขั้ว และสารที่ไม่มีขั้วก็จะละลายได้ดีในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว โดยในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของการสกัดหยาบจากส่วนใบ ต้น และรากของต้นป๊อปปิ้งพ๊อดด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทน และเอทานอล พบว่ามีความเข้มข้น 1,000 ppm ของสารสกัดหยาบจากใบ ต้น ราก ในชั้นไดคลอโรมีเทน มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระดีกว่าสารสกัดหยาบชั้นเฮกเซน และเอทานอล

วัลลภ สวัสดิวัลลภ (2532, หน้า 220) หมึกพิมพ์นั้นได้ถือกำเนิดขึ้นมาพร้อมกับการสร้างสรรค์ของมนุษย์ในด้านการพิมพ์โดยเริ่มจากการที่มนุษย์ก่อนประวัติศาสตร์นำสีธรรมชาติมาใช้ในการพิมพ์ภาพมือบนผนังถ้ำ จนกระทั่งถึงสมัยอียิปต์และจีน ก็ได้รับการพัฒนามาตามลำดับ

โดยทั่วไปหมึกพิมพ์มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 4 อย่าง คือ ตัวเนื้อสี ตัวนำ ตัวทำละลาย และตัวทำให้แห้ง แต่อันตรายที่เกิดจากหมึกพิมพ์ที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ แก่ร่างกายมนุษย์ได้แก่ ตัวทำให้แห้งเพราะเป็นสารพิษจากสารประกอบจำพวก ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม แบเรียมและปรอท เป็นต้น เมื่อนำหมึกพิมพ์ดังกล่าว มาพิมพ์ลงบนกระดาษหรือบรรจุภัณฑ์ อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษแก่ร่างกายได้

สุรชัย ขันแก้ว และจันทิรา โกมาสถิต (2551, หน้า 364-371) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบผลการกระจายตัวของผงสีดำด้วยสารลดแรงตึงผิวสำหรับผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทฐานน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำสารลดแรงตึงผิวมาใช้เป็นสารช่วยกระจายผงสีดำ และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกระจายอนุภาคผงสีดำ และเพื่อพัฒนาคุณสมบัติของหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทฐานน้ำ โดยการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้างทางเคมี 5 ชนิด โดยทำการกวนผสมผงสีดำที่ความเข้มข้นร้อยละ 15 ของน้ำหนักสารละลายรวมของสารช่วยกระจายที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า สารลดแรงตึงผิวที่ใช้ทดลองคือช่วงความเข้มข้นร้อยละ 0.001 ถึง 0.01 โดยน้ำหนักตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลการตกตะกอนของน้ำหนักตะกอนที่ได้และเวลาในการตกตะกอนพบว่า สาร Alcohol Ethoxylate ซึ่งมีค่า HLB เท่ากับ 12 มีการตกตะกอนของผงสีน้อยที่สุด และไม่พบการตกตะกอนเมื่อตั้งทิ้งไว้ตั้งแต่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักขึ้นไป

สุรชัย ขันแก้ว และคณะ (2553, หน้า 105-111) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของหมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึกฐานน้ำชนิดใช้สารให้สีจากดีปลาหมึก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำสารสีที่เหลือทิ้งจากดีปลาหมึกจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล มาผลิตเป็นสารให้สีดำสำหรับผลิตเป็นหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์ต่างๆ ซึ่งมุ่งพัฒนาให้เกิดการลดการใช้สารเคมีที่เป็นพิษในหมึกพิมพ์ โดยทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสารสีจากดีปลาหมึก และความเป็นไปได้ในการใช้ผลิตเป็นสารให้สี ซึ่งพบว่าดีปลาหมึกจากแหล่งผลิตแต่ละแห่ง มีค่าความหนืด และปริมาณความเข้มข้นของสารให้สีแตกต่างกัน สังเกตได้จากค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งเกิดจากการถูกเจือจางในกระบวนการชะล้างดีปลาหมึกสดที่เหมาะสมสำหรับใช้ผลิตเป็นสารให้สีสำหรับหมึกพิมพ์ จากการทำแห้งผงหมึกพิมพ์ด้วยเทคนิคพ่นแห้งแบบฝอย สารสีจากดีปลาหมึกสามารถผลิตเป็นผงสีดำได้ในอัตราส่วนโดยเฉลี่ย 1 : 1.32 ลักษณะของผงสีจากดีปลาหมึกมีรูปร่างกลม และเป็นหลุมตรงกลางแต่จากการทดสอบพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทชนิดไพโซอิเล็กทริกส์พบว่า หมึกพิมพ์เกิดการอุดตันไม่สามารถพิมพ์ออกได้ ซึ่งอาจเกิดได้จากรูปร่างของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จนลดขนาดได้ยาก

อภิญญา ภู่กิ่ง (2554) ทำการวิจัยในเรื่อง การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตทดแทนซิลิการในสารเคลือบกระดาษหนังสือพิมพ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพงานปรู๊ฟระบบพ่นหมึก เพื่อปรับปรุงคุณภาพงานปรู๊ฟระบบพ่นหมึกบนกระดาษหนังสือพิมพ์ สำหรับใช้ในการจำลองงานพิมพ์โดยการใช้สารสี คือ ซิลิกาและแคลเซียมคาร์บอเนต ใช้สารยึดติด พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ และใช้สารยึดร่วมคือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จากนั้นนำสารไปเคลือบบนผิวกระดาษหนังสือพิมพ์ด้วยแท่งขดลวด แล้วนำกระดาษ

เคลือบไปตรวจสอบคุณสมบัติ เช่น เฉดสีของกระดาษเคลือบ น้ำหนัก ความหนา หลังจากนั้นนำไปพิมพ์ภาพแบบทดสอบ ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึก และนำมาวิเคราะห์คุณภาพงานพิมพ์จากค่าความดำพื้นทึบ ค่าเม็ดสกรีนบวม ความคมชัดของตัวอักษร และการซึมเข้าหากันของหมึกพิมพ์ จากการวิเคราะห์พบว่า สารเคลือบที่มีสัดส่วนของซิลิกาต่อแคลเซียมคาร์บอเนตเป็น 100 : 0 และ 75 : 25 ให้คุณภาพงานพิมพ์ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งดีกว่าสัดส่วนอื่น และกระดาษไม่เคลือบผิว ตามลำดับ

เกสร นันทจิต และ คณะ (2550) ทำการวิจัยเรื่อง ชนิดและปริมาณสีสังเคราะห์ในน้ำองุ่นที่เป็นเครื่องดื่มในภาชนะปิดสนิท ในการวิเคราะห์หาสีอินทรีย์สังเคราะห์ในตัวอย่างน้ำองุ่นที่เป็นเครื่องดื่มในภาชนะปิดสนิท 10 ตัวอย่าง เกี่ยวกับสีสังเคราะห์ที่ใช้ผสมอาหารที่ไม่ถูกต้องตาม พ.ร.บ. อาหาร 2547 พบว่า 4 ตัวอย่างใส่สีที่ไม่อนุญาต 2 ตัวอย่างใช้สีที่อนุญาตแต่มีปริมาณเกินที่กำหนดไว้ และไม่ใส่สี 4 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นไปตามที่ฉลากระบุไว้ ซึ่งจากผลการวิจัยนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะไปกระตุ้นกระทรวงสาธารณสุขให้ความสนใจและทำการควบคุมเรื่องนี้มากขึ้น

หนูเดือน สาระบุตร และคณะ (2556) ในการผลิตผงสีจากมะนาวโห่ที่ใช้สารตัวพาเป็นมอลโตเด็กซ์ตรินสามารถเติมสารมอลโตเดกซ์ทรินได้ร้อยละ 10-16 โดยน้ำหนักและเมื่อเติมในขนมปุยฝ้ายผู้บริโภคให้การยอมรับรวมมีค่าคะแนน ความชอบในช่วงมีความชอบถึงชอบมากคุณภาพด้านสีของผลิตภัณฑ์พบว่าการเติมผงสีมะนาวโห่ที่มีมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 13 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบมากสุด

2.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

มาคัส อาร์ โมบามเมอร์ และคณะ (Markus R. Mobhammer, et al.) (2007, pp.21) ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง ความคงตัวของสีส้มเหลืองของสารบีตาเลนจากผลแคคตัสที่มีผลกระทบต่อน้ำผลไม้สดและการเลือกใช้สารปรุงแต่งอาหาร พบว่า ในการเพิ่มสาร แอสโครบิก ไอโซแอสโครบิก และ ไคตริก แอซิด ในการวิเคราะห์ความเสถียรต่ออุณหภูมิของสารบีตาเลนจากผลแคคตัสที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างที่ 4 และ 6 ซึ่งจะดูในเรื่องความคงที่ของสารสีจะสามารถดูได้จากค่าความเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง พบว่า ความคงที่ของสารสี และลักษณะเฉพาะของสีจะเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของสารเติมแต่งที่เติมลงไป และในการศึกษาสามารถรักษาความเป็นสีของสารสีได้ถึง 79 เปอร์เซ็นต์เมื่อเติมสาร ไคตริก แอซิด ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ความเสถียรต่ออุณหภูมิของสารบีตาเลนจากผลแคคตัสที่ pH 4 พบว่า การเติมกรดไอโซแอสโครบิก (isoascorbic) ในน้ำผลแคคตัสสีส้มเหลืองจะเหมาะกับการนำไปใช้สำหรับผลิตสีผสมอาหาร

ซาบิน่า (Sabina Nélida Di Risio) (2009) ได้วิจัยเกี่ยวกับ การทดสอบการยึดติดและลักษณะทางกายภาพของหมึกพิมพ์ชีวภาพจากมะรุมที่พิมพ์บนพื้นผิวของวัสดุรองรับ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับหมึกพิมพ์ชีวภาพสูตรใหม่จากมะรุม (HRP) และพัฒนาเพื่อใช้พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบพ่น

หมึกแบบไพโซอิเล็กทริกส์ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการพิมพ์ที่ดี ซึ่งหมึกพิมพ์ชีวภาพที่ได้มีอายุการใช้งานนาน 40 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามยังคงมีสารบางอย่างที่ใช้ในหมึกชีวภาพสำหรับควบคุมการทำงานของเอนไซม์ โดยเฉพาะที่มีใช้ในการผลิตหมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึก ได้แก่ โซเดียมคาร์บอกซีเซลลูโลสที่มีผลต่อความหนืดที่มีประสิทธิภาพซึ่งไม่มีผลกระทบต่อคุณลักษณะทางชีวภาพของเอนไซม์ HRP โดยในการใช้กล้องจุลทรรศน์ตรวจสอบปฏิกิริยาของเอนไซม์หลังจากที่พิมพ์ลงบนเส้นใยของกระดาษ พบว่า เอนไซม์ HRP ที่พิมพ์นั้นยึดติดลงไปในผนังเซลล์ของเส้นใยคล้ายกับการเคลือบด้วยผงสีหรือฟิลเลอร์ ในขั้นตอนการผลิตกระดาษ

โซเนีย พี เอ็ม เวนทูร่า และคณะ (So´nia P. M. Ventura, et al.) (2013) ได้กล่าวว่า เนื่องจากในปัจจุบันมีความต้องการสารให้สีธรรมชาติมีความต้องการเพิ่มขึ้น และมีระบบวิธีการแยกสารแบบใหม่ที่มีอัตราการสกัดสารที่ได้ผลดี จึงได้วิจัยเกี่ยวกับเรื่อง การแยกสารให้สีธรรมชาติสีแดงจากน้ำหมักโดยใช้ระบบการแยกชั้นของเหลวด้วยไอโอนิกเหลว เพื่อทำการแยกสารให้สีสีแดงที่เกิดจากโปรตีนที่อยู่ในน้ำหมัก พบว่า สามารถทำการแยกได้ชั้นสารให้สีสีแดงในปริมาณมาก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

โครงงานวิจัยนี้ทำการศึกษา การผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

3.1 สารตัวอย่าง (พืชและสมุนไพร)

3.1.1 กลุ่มสีม่วงแดง คือ กระเจี๊ยบ, ฝาง, บีทรูท และกะหล่ำปลีม่วง

3.1.2 กลุ่มสีดำ คือ กาแฟ, หญ้าเฉาก๊วย และหล่อฮั้งก้วย

3.1.3 กลุ่มสีเหลือง คือ ดอกคำฝอย, เมล็ดพุดจีน, ดอกเก๊กฮวย และมะตูม

3.1.4 กลุ่มสีน้ำเงินเขียว คือ อัญชันสด, อัญชันแห้ง และกะหล่ำปลีม่วง

ก. กลุ่มสีม่วงแดง

ข. กลุ่มสีดำ

ค. กลุ่มสีเหลือง

ง. กลุ่มสีน้ำเงินเขียว

ภาพที่ 3.1 พืชและสมุนไพรต่างๆ

ก. กลุ่มสีแดง คือ กระเจี๊ยบ ฝาง บีทรูท และกะหล่ำปลีม่วง

ข. กลุ่มสีดำ คือ กาแฟ หญ้าเฉาก๊วย และหล่อฮั้งก้วย

ค. กลุ่มสีเหลือง คือ ดอกคำฝอย เมล็ดพุดจีน ดอกเก๊กฮวย และมะตูม

ง. กลุ่มสีน้ำเงินเขียว คือ อัญชันสด อัญชันแห้ง และกะหล่ำปลีม่วง

3.2 เครื่องมือและสารเคมี

3.2.1 เครื่องมือ

1) บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100, 250, 600 และ 1,000 มิลลิลิตร

2) เครื่องชั่งน้ำหนักระบบดิจิตอล 2 ตำแหน่ง (Analytical Balance)

3) เตาไฟฟ้าให้ความร้อน (Hot Plate)

4) กระบอกตวง (Cylinder)

5) ขวดรูปชมพู่ (Conical Flask)

6) กรวยกรอง (Funnel)

7) กระดาษกรอง ยี่ห้อ Whatman เบอร์ 1 และ 93

8) ขวดแก้วบรรจุสาร

9) เครื่องทดสอบสี Spectrophotometer ยี่ห้อ Eye One

10) เครื่องปริ้นเตอร์แบบอิงค์เจ็ท (Printer Inkjet)

11) หลอดหยดสาร (Dropper)

12) แท่งแก้วคนสาร (Stirrer)

13) ช้อนตักสาร (Spoon)

3.2.2 สารเคมี

1) เอทานอล (ที่หมักจากอ้อย และมันสำปะหลัง)

2) น้ำกรอง

3) ปูนแดง (สำหรับกินหมาก)

3.3 วิธีดำเนินการ

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างพืชและสมุนไพร

3.3.1.1 การเตรียมตัวอย่างพืช นำพืชมาล้างทำความสะอาด ผึ่งให้แห้ง และทำให้มีขนาดเล็กลง เตรียมพร้อมชั่งน้ำหนักก่อนทำการสกัด

3.3.1.2 การเตรียมตัวอย่างสมุนไพร นำสมุนไพรมาทำให้มีขนาดเล็กลง เตรียมพร้อมชั่งน้ำหนักก่อนทำการสกัด

3.3.2 การชั่งน้ำหนัก

นำพืชและสมุนไพรมาชั่งน้ำหนัก 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 และ 50 กรัม เตรียมพร้อมก่อนทำการสกัด

3.3.3 การสกัด

นำพืชและสมุนไพรมาสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยแช่ด้วยน้ำและเอทานอล พร้อมทั้งให้ความร้อน จากนั้นกรองสารละลายเพื่อเก็บสารที่สกัดได้ ทำซ้ำ 3 ครั้ง ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 3.3.1 – 3.3.2

3.3.4 การทดสอบสี

นำสารที่สกัดได้จากพืชและสมุนไพรมาหยดลงบนกระดาษกรองยี่ห้อ Whatman เบอร์ 93 รอให้แห้ง จากนั้นนำมาทดสอบสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Eye One เพื่อนำค่าสีไปเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ISO 12647-6 (Standardization, 2006) และทำการเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีใกล้เคียงกับสีมาตรฐานมากที่สุด

3.3.5 การทดสอบการเก็บรักษา

นำสารที่สกัดได้แช่ในตู้เย็น ทำการตรวจสอบสีและกลิ่นทุกๆ 1 ชั่วโมง แล้วเก็บข้อมูลเพื่อสรุปผล

3.3.6 การผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ ที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

นำวัสดุธรรมชาติที่ให้สีใกล้เคียงกับสีมาตรฐานมากที่สุดมาทำการสกัดเพื่อเตรียมผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ท และทำการพิมพ์ในผลิตภัณฑ์อาหาร

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับการผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อศึกษาการสกัดสารสีที่ได้จากวัสดุธรรมชาติที่เหมาะสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และนำไปผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลและแสดงผลข้อมูลต่างๆ โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 สารสกัดสีม่วงแดง

4.2 สารสกัดสีเหลือง

4.3 สารสกัดสีน้ำเงินเขียว

4.4 สารสกัดสีดำ

4.5 การทดสอบการเก็บรักษา

4.6 การผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ ที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

4.1 สารสกัดสีม่วงแดง

การสกัดสารสีกลุ่มสีม่วงแดง ได้ทำการคัดเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีออกสีม่วงแดง ได้แก่ กระเจี๊ยบ ฝาง บีทรูท และกะหล่ำปลีม่วง มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำและแอลกอฮอล์ และเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน (ISO 12647-6) (Standardization, 2006) มากที่สุด ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 4.1และ 4.2 เพื่อนำวัสดุธรรมชาติที่ได้มาผลิตเป็นหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทต่อไป

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีม่วงแดงที่สกัดด้วยน้ำโดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง

วัสดุธรรมชาติ (ปริมาณกรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร)	**ΔE เฉลี่ย**			
	กระเจี๊ยบ	**กะหล่ำปลีม่วง**	**บีทรูท**	**ฝาง**
5 กรัม	26.37	68.61	72.17	107.84
10 กรัม	23.63	60.73	69.87	110.13
15 กรัม	20.92	55.34	69.74	111.13
20 กรัม	17.42	55.89	61.55	107.91
25 กรัม	14.92	51.26	47.40	111.08
30 กรัม	16.55	50.48	43.44	107.18
35 กรัม	13.92	52.87	41.02	106.49
40 กรัม	15.03	49.70	42.24	106.58
45 กรัม	12.99	48.68	36.37	105.80
50 กรัม	10.22	45.43	37.77	107.75

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 54, 58, -2 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกระเจี๊ยบที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 10.22 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีม่วงแดงที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง

วัสดุธรรมชาติ (ปริมาณกรัม ต่อแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร)	**ΔE เฉลี่ย**			
	กระเจี๊ยบ	**กะหล่ำปลีม่วง**	**บีทรูท**	**ฝาง**
5 กรัม	60.72	69.67	73.38	77.90
10 กรัม	57.16	69.79	73.30	82.93
15 กรัม	44.82	57.92	72.12	85.04
20 กรัม	41.91	62.26	66.32	89.42
25 กรัม	36.72	59.24	62.81	92.65
30 กรัม	35.86	58.68	61.33	98.76
35 กรัม	35.19	57.49	59.28	93.54
40 กรัม	35.26	47.66	47.28	95.52
45 กรัม	34.69	49.95	41.30	92.38
50 กรัม	36.17	50.86	38.81	94.70

จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 54, 58, -2 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายแอลกอฮอล์ที่ได้จากกระเจี๊ยบที่ 45 กรัม ต่อแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 34.69 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

4.2 สารสกัดสีเหลือง

การสกัดสารสีกลุ่มสีเหลือง ได้ทำการคัดเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีออกสีเหลือง ได้แก่ เก๊กฮวย ดอกคำฝอย มะตูม และเมล็ดพุดจีน มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำและแอลกอฮอล์ และเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน (ISO 12647-6) มากที่สุด ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 4.3 และ 4.4 เพื่อนำวัสดุธรรมชาติที่ได้มาผลิตเป็นหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทต่อไป

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีเหลืองที่สกัดด้วยน้ำโดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง

วัสดุธรรมชาติ (ปริมาณกรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร)	ΔE เฉลี่ย			
	เก๊กฮวย	ดอกคำฝอย	มะตูม	เมล็ดพุดจีน
5 กรัม	70.73	11.82	65.29	44.89
10 กรัม	68.50	18.95	57.97	53.88
15 กรัม	63.66	24.78	53.09	57.81
20 กรัม	60.41	28.19	42.54	60.17
25 กรัม	58.71	26.61	38.74	63.29
30 กรัม	55.55	32.22	36.44	65.67
35 กรัม	51.93	31.48	31.72	65.60
40 กรัม	48.66	34.14	29.78	65.21
45 กรัม	50.76	34.68	27.75	66.14
50 กรัม	47.31	34.53	27.04	66.95

จากตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 86, -4, 75 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากดอกคำฝอยที่ 5 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 11.82 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สารสีเหลืองที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง

วัสดุธรรมชาติ (ปริมาณกรัม ต่อ แอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร)	**ΔE เฉลี่ย**			
	เก๊กฮวย	**ดอกคำฝอย**	**มะตูม**	**เมล็ดพุดจีน**
5 กรัม	75.09	66.09	76.39	49.58
10 กรัม	73.66	64.53	75.99	21.77
15 กรัม	71.09	57.33	75.56	20.72
20 กรัม	67.40	56.51	75.14	28.61
25 กรัม	67.40	56.03	75.07	20.42
30 กรัม	67.85	49.74	74.70	29.85
35 กรัม	63.18	43.15	74.39	29.18
40 กรัม	62.59	41.84	74.17	37.19
45 กรัม	64.71	43.18	73.91	45.39
50 กรัม	61.62	40.07	74.82	47.09

จากตารางที่ 4.4 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 86, -4, 75 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายแอลกอฮอล์ที่ได้จากเมล็ดพุดจีนที่ 25 กรัม ต่อ แอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 20.42 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

4.3 สารสกัดสีน้ำเงินเขียว

การสกัดสารสีกลุ่มสีน้ำเงินเขียว ได้ทำการคัดเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียว ได้แก่ อัญชันแห้งและอัญชันสดมาทำการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ และแอลกอฮอล์ และเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน (ISO 12647-6) มากที่สุด ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 4.5 และ 4.6 เพื่อนำวัสดุธรรมชาติที่ได้มาผลิตเป็นหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทต่อไป

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียวที่สกัดด้วยน้ำโดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง

วัสดุธรรมชาติ (ปริมาณกรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร)	**ΔE เฉลี่ย**	
	อัญชันแห้ง	**อัญชันสด**
5 กรัม	52.13	56.90
10 กรัม	48.83	54.65
15 กรัม	48.82	52.90
20 กรัม	47.04	52.60
25 กรัม	46.60	51.48
30 กรัม	45.67	54.04
35 กรัม	45.68	52.95
40 กรัม	44.82	51.75
45 กรัม	46.05	51.80
50 กรัม	42.71	52.10

จากตารางที่ 4.5 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 58, -25, -43 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากอัญชันแห้งที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 42.71 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีน้ำเงินเขียวที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง

วัสดุธรรมชาติ (ปริมาณกรัม ต่อ แอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร)	**ΔE เฉลี่ย**	
	อัญชันแห้ง	**อัญชันสด**
5 กรัม	66.05	63.84
10 กรัม	66.17	63.04
15 กรัม	66.73	62.75
20 กรัม	66.99	61.29
25 กรัม	67.21	58.37
30 กรัม	66.96	56.98
35 กรัม	68.23	55.13
40 กรัม	67.15	54.55
45 กรัม	68.25	54.19
50 กรัม	68.52	55.29

จากตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 58, -25, -43 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายแอลกอฮอล์ที่ได้จากอัญชันสดที่ 45 กรัม ต่อ แอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 54.19 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

4.4 สารสกัดสีดำ

การสกัดสารสีกลุ่มสีดำ ได้ทำการคัดเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำ ได้แก่ กาแฟ หญ้าเฉาก๊วย และหล่อฮั้งก้วย มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ และแอลกอฮอล์ และเลือกวัสดุธรรมชาติที่ให้สีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐาน (ISO 12647-6) มากที่สุด ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 4.7 และ 4.8 เพื่อนำวัสดุธรรมชาติที่ได้มาผลิตเป็นหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทต่อไป

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำที่สกัดด้วยน้ำ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง

วัสดุธรรมชาติ (ปริมาณกรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร)	**ΔE เฉลี่ย**		
	กาแฟ	**หญ้าเฉาก๊วย**	**หล่อฮั้งก้วย**
5 กรัม	74.93	69.07	71.77
10 กรัม	78.59	69.50	75.14
15 กรัม	77.65	70.91	76.33
20 กรัม	75.07	71.47	74.82
25 กรัม	75.27	72.27	76.95
30 กรัม	72.13	72.73	77.74
35 กรัม	70.11	70.70	75.16
40 กรัม	65.35	72.80	75.41
45 กรัม	57.25	71.53	69.33
50 กรัม	59.19	69.00	69.95

จากตารางที่ 4.7 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 31, 1, 1 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกาแฟที่ 45 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 57.25 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ โดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง

วัสดุธรรมชาติ (ปริมาณกรัม ต่อ แอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร)	**ΔE เฉลี่ย**		
	กาแฟ	**หญ้าเฉาก๊วย**	**หล่อฮั้งก้วย**
5 กรัม	68.86	68.81	68.93
10 กรัม	69.07	68.95	68.87
15 กรัม	69.74	69.25	69.13
20 กรัม	70.65	69.76	69.28
25 กรัม	70.92	67.87	68.70
30 กรัม	71.82	68.55	69.21
35 กรัม	73.30	68.29	68.68
40 กรัม	75.19	69.16	69.39
45 กรัม	76.08	68.16	69.03
50 กรัม	76.43	68.77	69.06

จากตารางที่ 4.8 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 31, 1, 1 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายแอลกอฮอล์ที่ได้จากหญ้าเฉาก๊วยที่ 25 กรัม ต่อ แอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 67.87 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

เนื่องจากค่าความแตกต่างของสีที่ได้มีค่าค่อนข้างสูง จึงทำการปรับปรุงด้วยวิธีการนำไปทดลองผสมกับสารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากอัญชันแห้งที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร ที่มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 42.71 ในอัตราส่วน สารสีดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำจากหญ้าเฉาก๊วย, กาแฟ และ หล่อฮั้งก้วย ที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร ต่อ สารสีน้ำเงินเขียวที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากอัญชันแห้งที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร เท่ากับ 25:75, 50:50 และ 75:25 ซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 4.9 เพื่อนำวัสดุธรรมชาติที่ได้มาผลิตเป็นหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทต่อไป

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความแตกต่างสี (ΔE) เฉลี่ยของวัสดุธรรมชาติที่ให้สีดำที่สกัดจากหญ้าเฉาก๊วย กาแฟ และหล่อฮั้งก้วย ผสมอัญชันแห้งที่สกัดด้วยน้ำโดยหยดลงบนกระดาษทั้ง 3 ครั้ง

อัตราส่วนของสารให้สี	ΔE เฉลี่ย		
	กาแฟผสมกับอัญชันแห้ง	หญ้าเฉาก๊วยผสมกับอัญชันแห้ง	หล่อฮั้งก้วยผสมกับอัญชันแห้ง
25:75	21.25	36.13	32.85
50:50	20.84	32.95	28.98
75:25	19.42	28.64	28.25

จากตารางที่ 4.9 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 31, 1, 1 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกาแฟผสมกับอัญชันแห้ง ที่อัตราส่วน 75:25 มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 19.42 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

4.5 การทดสอบการเก็บรักษา

ผลการทดสอบกลิ่น และการตกตะกอนของวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ กระเจี๊ยบ ดอกคำฝอย อัญชันแห้ง และกาแฟผสมกับอัญชันแห้ง ที่ค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบกลิ่นและการตกตะกอนของวัสดุธรรมชาติที่ค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

การทดสอบ	กระเจี๊ยบ			ดอกคำฝอย			อัญชันแห้ง			กาแฟผสมกับอัญชันแห้ง		
	1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน
กลิ่น												
การตกตะกอน										○	○	○

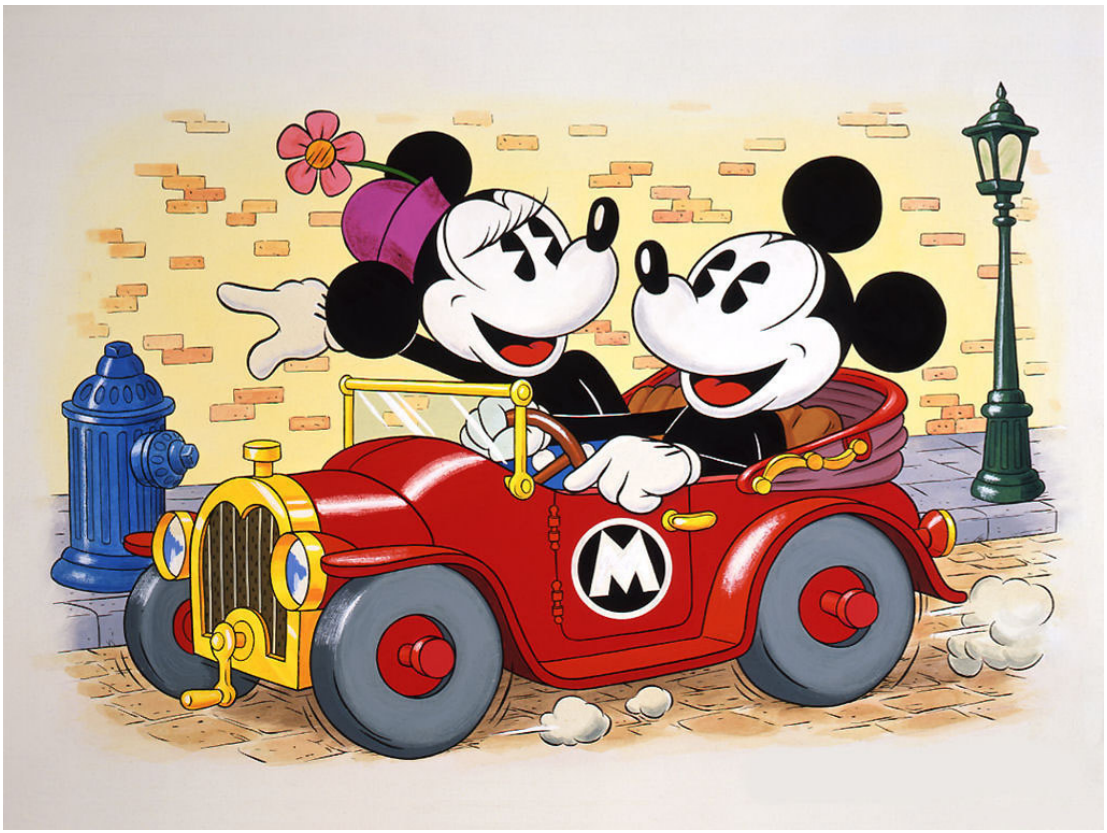
หมายเหตุ ■ หมายถึง มีกลิ่น

○ หมายถึง ตกตะกอน

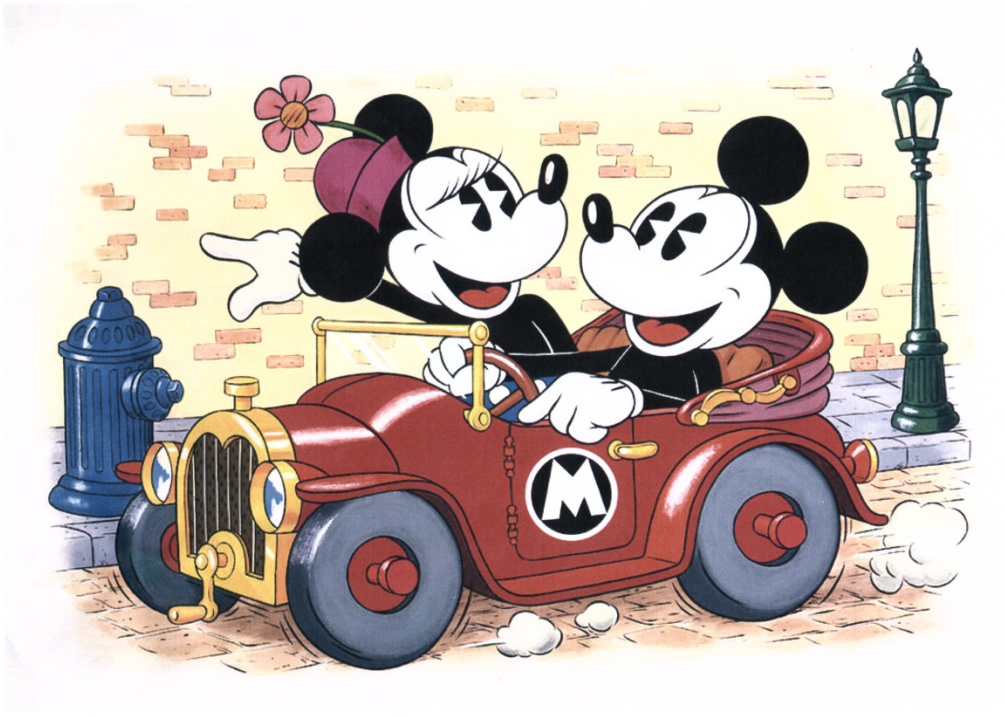
จากตารางที่ 4.10 พบว่าผลการทดสอบกลิ่นและการตกตะกอนของวัสดุธรรมชาติของกระเจี๊ยบ ดอกคำฝอย และอัญชันแห้ง ในระยะเวลา 3 วัน ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วนกาแฟผสมกับอัญชันแห้งในระยะเวลา 3 วัน ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่น แต่มีการตกตะกอน

4.6 การผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ ที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร

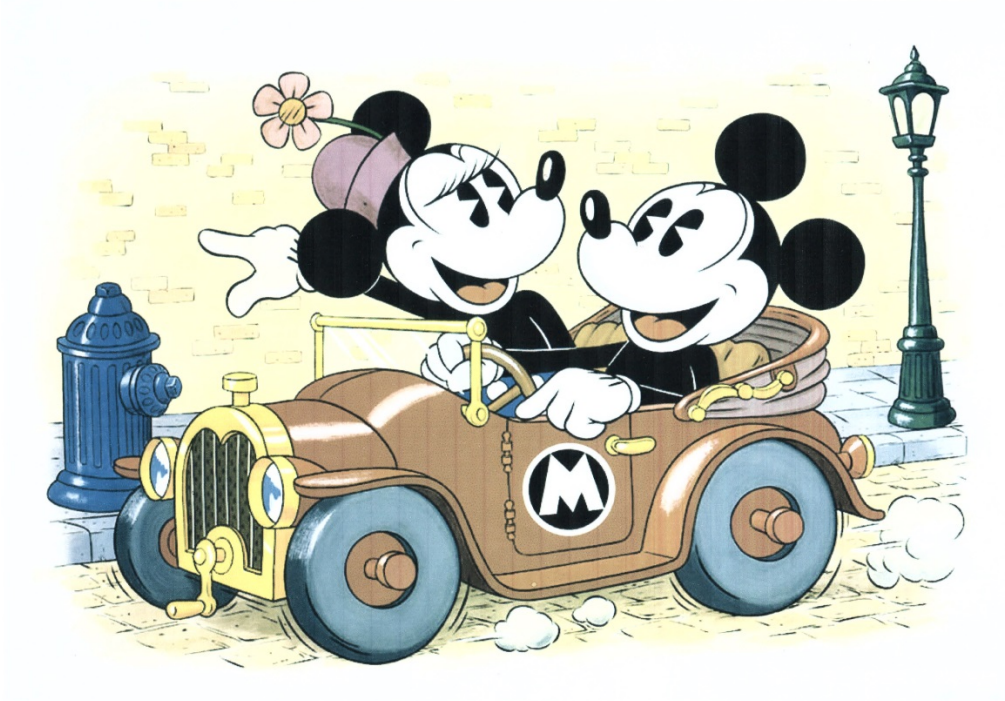
นำสารสกัดที่ได้จากวัสดุธรรมชาติ มาผลิตเป็นหมึกพิมพ์ ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ท โดยใช้ภาพต้นฉบับ ดังภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบสีระหว่างหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทกับหมึกพิมพ์ที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติ ดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 ภาพต้นฉบับ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบสีระหว่างหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทกับหมึกพิมพ์ที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติ

ก) ภาพที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ท

ข) ภาพที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลโครงการวิจัย และข้อเสนอแนะ

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

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.2 อภิปรายผลโครงการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการทำโครงการวิจัยเรื่องการผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติเพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร โดยมีกระบวนการทำโครงการวิจัยเริ่มตั้งแต่ การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุธรรมชาติที่จะนำมาใช้ในการสกัดเป็นสารให้สีของหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ท จากนั้นนำมาสกัดด้วยวิธีการต้มด้วยตัวทำละลายน้ำและแอลกอฮอล์ตามอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อหาอัตราส่วนที่มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ใกล้เคียงกับค่าสีตามมาตรฐาน ISO 12647-6 และการเก็บรักษา จากผลของการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การสกัดสารสีม่วงแดง (Magenta) จากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ กระเจี๊ยบ กะหล่ำปีม่วง บีทรูท และฝาง พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 54, 58, -2 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกระเจี๊ยบที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 10.22 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

5.1.2 การสกัดสารสีเหลือง (Yellow) จากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ เก๊กฮวย ดอกคำฝอย มะตูม และเมล็ดพุดจีน พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 86, -4, 75 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากดอกคำฝอยที่ 5 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 11.82 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

5.1.3 การสกัดสารสีน้ำเงินเขียว (Cyan) จากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ อัญชันแห้งและอัญชันสด พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 58, -25,

-43 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากอัญชันแห้งที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 42.71 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

5.1.4 การสกัดสารสีดำ (Black) จากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ กาแฟ หญ้าเฉาก๊วย และหล่อฮั้งก้วย พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 31, 1, 1 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกาแฟที่ 45 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 57.25 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

5.1.5 การสกัดสารสีดำ (Black) จากสารสีดำที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำจากหญ้าเฉาก๊วย, กาแฟ และ หล่อฮั้งก้วย ที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร ต่อ สารสีน้ำเงินเขียวที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากอัญชันแห้งที่ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร ในอัตราส่วนเท่ากับ 25:75, 50:50 และ 75:25 พบว่าเมื่อนำค่าสีของสารสีที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าสีมาตรฐาน ซึ่งมีค่า L*a*b* เท่ากับ 31, 1, 1 สารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกาแฟผสมกับอัญชันแห้ง ที่อัตราส่วน 75:25 มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด คือ มีค่าสีเท่ากับ 19.42 ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

5.1.6 ผลการทดสอบกลิ่น และการตกตะกอนของวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ กระเจี๊ยบ ดอกคำฝอย อัญชันแห้ง และกาแฟผสมกับอัญชันแห้ง ที่ค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด พบว่าผลการทดสอบกลิ่นและการตกตะกอนของวัสดุธรรมชาติของกระเจี๊ยบ ดอกคำฝอย และอัญชันแห้ง ในระยะเวลา 3 วัน ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วนกาแฟผสมกับอัญชันแห้งในระยะเวลา 3 วัน ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่น แต่มีการตกตะกอน

5.1.7 ผลการเปรียบเทียบสีระหว่างหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทกับหมึกพิมพ์ที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติ พบว่า หมึกพิมพ์ที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติสามารถใช้ทดแทนหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทเพื่อผลิตภัณฑ์อาหารได้

5.2 อภิปรายผลโครงการวิจัย

การสกัดสารสีม่วงแดง (Magenta) จากกระเจี๊ยบด้วยตัวทำละลายน้ำในอัตราส่วนกระเจี๊ยบ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด เพื่อใช้ในการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทได้ ซึ่งสอดคล้องกับงายวิจัยของ Sabina Nélida Di Risio (2009) ที่ได้วิจัยเกี่ยวกับ การทดสอบการยึดติดและลักษณะทางกายภาพของหมึกพิมพ์ชีวภาพจากมะรุมที่พิมพ์บนพื้นผิวของวัสดุรองรับ ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับหมึกพิมพ์ชีวภาพสูตรใหม่จากมะรุม (HRP) และพัฒนาเพื่อใช้พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ระบบพ่นหมึกแบบไพโซอิเล็กทริกส์ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการพิมพ์ที่ดี

การสกัดสารสีเหลือง (Yellow) จากดอกคำฝอยด้วยตัวทำละลายน้ำในอัตราส่วนดอกคำฝอย 5 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสี

มาตรฐานมากที่สุด และจากการตรวจอนุภาคพบว่า เกิดไขเล็กน้อยในสารที่สกัดได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมเกียรติ งานประเสริฐสิทธิ์ และ สมศักดิ์ ดำรงเลิศ (2538) ที่กล่าวว่า ดอกคำฝอยเป็นพืชสมุนไพรที่มี กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ในปริมาณมากกว่าพืชชนิดอื่นๆ ดังนั้นในการสกัดสารจึงมีการปนของน้ำมันเป็นจำนวนมาก และจะเกิดไขที่อุณหภูมิห้อง (25-30°C) ได้ง่าย

การสกัดสารสีน้ำเงินเขียว (Cyan) จากอัญชันแห้งด้วยตัวทำละลายน้ำในอัตราส่วนอัญชันแห้ง50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด แต่ค่าความแตกต่างของสีที่ได้มีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสีอื่นๆ จึงควรหาพืชชนิดใหม่มาทดแทนเพิ่มเติม เพื่อเป็นทางเลือกใหม่ และให้ค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด

การสกัดสีดำ (Black) จากกาแฟด้วยตัวทำละลายน้ำในอัตราส่วนกาแฟ 45 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร มีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด แต่ค่าความแตกต่างของสีที่ได้มีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสีอื่นๆ จึงทำการปรับปรุงด้วยวิธีการนำสารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากกาแฟ 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร ไปทดลองผสม กับสารสีที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำที่ได้จากอัญชันแห้ง 50 กรัม ต่อ น้ำ 200 มิลลิลิตร ในอัตราส่วนเท่ากับ 75:25 พบว่ามีค่าความแตกต่างสี (ΔE) ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากกว่าใช้ สารสกัดที่ได้จากกาแฟเพียงอย่างเดียว ซึ่งสามารถพิมพ์ได้โดยไม่มีการอุดตันแตกต่างจากงานวิจัยของ สุรชัย ขันแก้ว และคณะ (2553) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ผลของหมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึกฐานน้ำชนิดใช้สารให้สีจากดีปลาหมึก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำสารสีที่เหลือทิ้งจากดีปลาหมึกจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลมาผลิตเป็นสารให้สีดำสำหรับผลิตเป็นหมึกพิมพ์ในระบบการพิมพ์ต่างๆ ซึ่งมุ่งพัฒนาให้เกิดการลดการใช้สารเคมีที่เป็นพิษในหมึกพิมพ์ โดยทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสารสีจากดีปลาหมึกและความเป็นไปได้ในการใช้ผลิตเป็นสารให้สี ซึ่งพบว่าดีปลาหมึกจากแหล่งผลิตแต่ละแห่ง มีค่าความหนืด และปริมาณความเข้มข้นของสารให้สีแตกต่างกัน และหมึกพิมพ์เกิดการอุดตันไม่สามารถพิมพ์ออกได้ ซึ่งอาจเกิดได้จากรูปร่างของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จนลดขนาดได้ยาก และจากการทดสอบการเก็บรักษาสารสีดำที่ได้จากกาแฟผสมกับอัญชันแห้ง ที่มีค่าสีใกล้เคียงกับค่าสีมาตรฐานมากที่สุด มาทำการทดสอบการตกตะกอนในระยะเวลา 3 วัน พบว่า เกิดการตกตะกอน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรชัย ขันแก้ว และจันทิรา โกมาสถิต (2551) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบผลการกระจายตัวของผงสีดำด้วยสารลดแรงตึงผิวสำหรับผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทฐานน้ำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำสารลดแรงตึงผิวมาใช้เป็นสารช่วยกระจายผงสีดำ และหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการกระจายอนุภาคผงสีดำ และเพื่อพัฒนาคุณสมบัติของหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทฐานน้ำ เมื่อเปรียบเทียบผลการตกตะกอนของน้ำหนักตะกอนที่ได้และเวลาในการตกตะกอนพบว่า มีการตกตะกอนของผงสี

จากผลโครงการวิจัยสรุปได้ว่า สารสกัดสีจากวัสดุธรรมชาติสามารถนำมาใช้ผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ท เพื่อผลิตภัณฑ์อาหารได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 เพื่อพัฒนาผลิตเป็นผงสี เพื่อการเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น

5.3.2 เพื่อพัฒนาผลิตเป็นหมึกพิมพ์สกรีนได้

5.3.3 ควรหาพืชชนิดใหม่มาทดแทนเพิ่มเติมเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ ในการสกัดสารสีจากวัสดุธรรมชาติ

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

เกสร นันทจิต และ คณะ (2550). ชนิดและปริมาณสีสังเคราะห์ในน้ำองุ่นที่เป็นเครื่องดื่มในภาชนะปิดสนิท, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ข้อมูลของผัก (ม.ป.ป). **“บีทรูท”** [ออนไลน์] สืบค้นจาก: http://www.rspg.or.th (วันที่สืบค้น 2 มกราคม 2558)

ชาลิกา เคนดี (2554). สีผสมอาหารภัยใกล้ตัว ... ที่มากับความสวยงาม. สำนักโภชนาการ. สิ่งพิมพ์, [ออนไลน์] 7 พฤศจิกายน 2556. สืบค้นจาก: nutrition.anamai.moph.go.th/temp/files/K-center/morning54/7.pdf

ธนพล (2555). "เฉาก๊วย" [ออนไลน์] สืบค้นจาก: http://www.tanapolchaokuai.com/bestjellygrass1.html (วันที่สืบค้น 1 กุมภาพันธ์ 2557)

นุชลี คนหลัก และ อริสรา มะตัง (2555). การประเมินฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระจากการสกัดหยาบต้นป๊อปปิ้ง พ๊อดและผลิตภัณฑ์ครีมนม. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สาขาวิชาเคมี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

นิดดา หงส์วิวัฒน์ และ คณะ (2553). **กระเจี๊ยบแดง**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์แสงแดดจำกัด

น้ำตาลและอ้อยตะวันออก, บ.จก. (2556). "การผลิตเอธานอลจากอ้อย" [ออนไลน์] สืบค้นจาก: http://www.espower.co.th/knowledge_detail.php?info=7&from=แหล่งความรู้ (วันที่สืบค้น 9 มกราคม 2558)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ผศ.ดร. และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. (ม.ป.ป.). Food color / สีผสมอาหาร, [ออนไลน์] 3 กุมภาพันธ์ 2557. สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2950/food-color-สีผสมอาหาร

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ผศ.ดร. และ นิธิยา รัตนาปนนท์, ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. (ม.ป.ป). "กาแฟ" [ออนไลน์] สืบค้นจาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2802/coffee-กาแฟ (วันที่สืบค้น 9 มกราคม 2558)

ยงยุทธ ตั้งจิตปิยะนนท์และคณะ (2542). กระบวนการพิมพ์พื้นลึก การพิมพ์พื้นฉลุลายผ้า และการพิมพ์ไร้แรงกด. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ราชบัณฑิตยสถาน (2538). อนุกรมวิธานพืช อักษร ก. กรุงเทพมหานคร: เพื่อนพิมพ์.

วีระ โชติธรรมาภรณ์ (2548). เอกสารประกอบการสอน 5621101 เทคโนโลยีการพิมพ์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์การพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

วัลลภ สวัสดิวัลลภ (2532). หนังสือและการพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, 220.

สมเกียรติ งานประเสริฐสิทธิ์, ดร. และ สมศักดิ์ ดำรงเลิศ, ศ.ดร. (2538). การสกัดกรดไลโนเลอิกจากดอกคำฝอย, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีเทคนิค, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมพร ภูติยานันต์ (2547). **สมุนไพรใกล้ตัว,** นิตยสารสร้างเงิน สร้างงาน, กรกฎาคม, 1 (2). หน้า 124-126

สมพร ภูติยานันต์ (2551). สมุนไพรใกล้ตัว: เล่มที่ 13. พิมพ์ครั้งที่ 4. เชียงใหม่: เอราวัณการพิมพ์.

สรรพคุณ...สมุนไพร (ม.ป.ป). "มะตูม" [ออนไลน์] สืบค้นจาก: http://www.rspg.or.th/plants_data/herbs/herbs_10_5.htm (วันที่สืบค้น 1 กุมภาพันธ์ 2557)

สรรพคุณสมุนไพร สมุนไพรแต่งสีอาหาร (ม.ป.ป). **“ฝาง”** [ออนไลน์] สืบค้นจาก: http://www.rspg.or.th (วันที่สืบค้น 7 มกราคม 2557)

สุขภาพ การแพทย์แผนไทย สมุนไพรไทย ความงาม (ม.ป.ป). "เก๊กฮวย" [ออนไลน์] สืบค้นจาก: http://frynn.com/เก๊กฮวย/ (วันที่สืบค้น 2 มกราคม 2558)

สมุนไพรดอทคอม (2557). **“พุดซ้อน”** [ออนไลน์] สืบค้นจาก: http://www.samunpri.com/?p=11114 (วันที่สืบค้น 2 มกราคม 2558)

สุรชัย ขันแก้ว และ จันทิรา โกมาสถิต (2551). การเปรียบเทียบผลการกระจายตัวของผงสีดำด้วยสารลดแรงตึงผิวสำหรับผลิตหมึกพิมพ์อิงค์เจ็ทฐานน้ำ, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46, มกราคม-กุมภาพันธ์ 2551, 364-371.

สุรชัย ขันแก้ว และคณะ (2553). ผลของหมึกพิมพ์ระบบพ่นหมึกฐานน้ำชนิดใช้สารให้สีจากดีปลาหมึก, การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48, กุมภาพันธ์ 2553, 105-111.

สำนักงานเกษตรจังหวัดมุกดาหาร (2544). สีผสมอาหารจากธรรมชาติ. แปรรูปและถนอมอาหาร. 2544. สิ่งพิมพ์, [ออนไลน์] 19 พฤศจิกายน 2554. สืบค้นจาก: http://www.mukdahan.doae.go.th/food2.htm

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. (2554). คู่มือการประกันคุณภาพการศึกษาภายในสถานศึกษา ระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2553. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. สรุปสาระสำคัญ (ร่าง) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555 - 2559), [ออนไลน์] สืบค้นจาก: www.nesdb.go.th/Portals/0/news/article/plan1-11.pdf

สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ องค์การมหาชน (ม.ป.ป). **“กะหล่ำปลีม่วง”** [ออนไลน์] สืบค้นจาก: http://www.biogang.net (วันที่สืบค้น 7 มกราคม 2557)

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (มปป.). โครงการจัดทำยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งพิมพ์, [ออนไลน์] 19 พฤศจิกายน 2555. สืบค้นจาก: www.oie.go.th/project/Printing_Strategy_Development/Final_Report.zip

สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี ทำเนียบรัฐบาล. (2554). *นโยบายรัฐบาล.* สิ่งพิมพ์, [ออนไลน์] 7 พฤศจิกายน 2556. สืบค้นจาก: http://www.thaigov.go.th/th/government-policies/item/73629-นางสาวยิ่งลักษณ์-ชินวัตร-23-สิงหาคม-2554.html

หนูเดือน สาระบุตร และคณะ (2556). สมบัติทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อขนมปุยฝ้ายเติมผงสีมะนาวโห่ที่มีมอลโทเด็กซ์ทรินต่างกัน, วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ, การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5, กรกฎาคม 2556, 399-405.

อภิญญา ภู่กิ่ง (2554). การใช้แคลเซียมคาร์บอเนตทดแทนซิลิการในสารเคลือบกระดาษหนังสือพิมพ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพงานปรู๊ฟระบบพ่นหมึก, ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภาษาอังกฤษ

Kipphan, H., (2001). *Handbook of print media*. Berlin: Springer. p.63-65.

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), Spinger-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.

Standardization, I.O.f.. (2006). International Organization for Standardization (ISO 12647-6), in Graphic technology-Process control for the production of half-tone colour separations, proof and production prints-Part 6: Flexographic printing. ISO copyright office: Geneva.

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

Nélida Di Risio, S., (2009) Fundamental investigation of inkjet deposition and physical immobilization of horseradish peroxidase on cellulosic substrates. Doctor of Philosophy, Graduate Department of Chemical Engineering and Applied Chemistry, University of Toronto.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ภาพสารสีที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติ

ภาคผนวก ก.

ภาพสารสีที่สกัดได้จากวัสดุธรรมชาติ

6.1 สารสกัดสีม่วงแดงจากกระเจี๊ยบ

ภาพที่ 6.1 สารสกัดสีม่วงแดงจากกระเจี๊ยบสกัดด้วยน้ำ

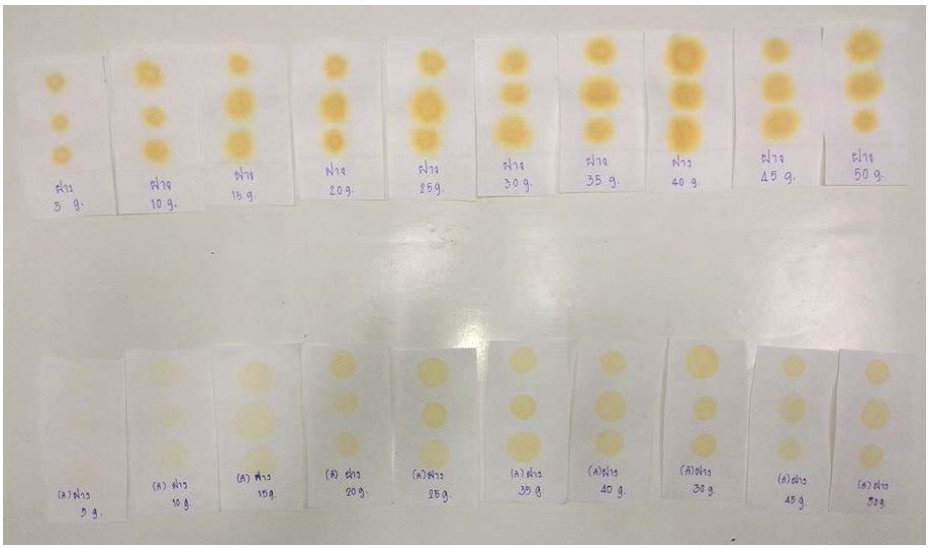
ภาพที่ 6.2 สารสกัดสีม่วงแดงจากกระเจี๊ยบสกัดด้วยแอลกอฮอล์

ภาพที่ 6.3 การทดสอบสีม่วงแดงจากกระเจี๊ยบที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.2 สารสกัดสีม่วงแดงจากฝาง

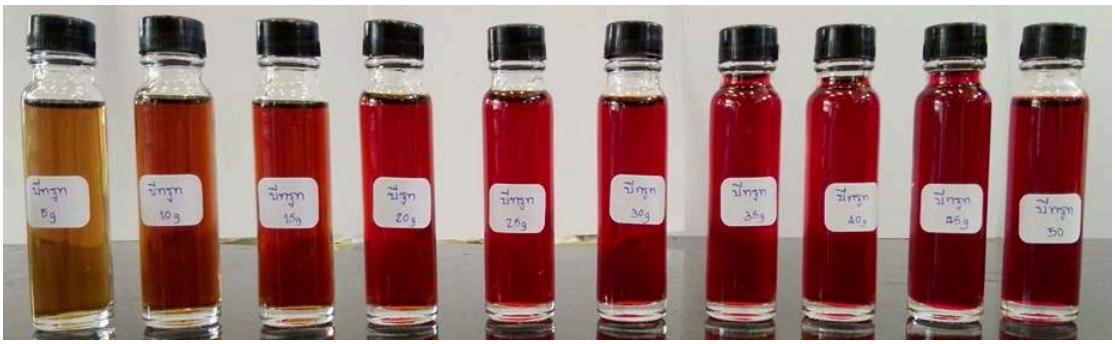
ภาพที่ 6.4 สารสกัดสีม่วงแดงจากฝางสกัดด้วยน้ำ

ภาพที่ 6.5 สารสกัดสีม่วงแดงจากฝางสกัดด้วยแอลกอฮอล์



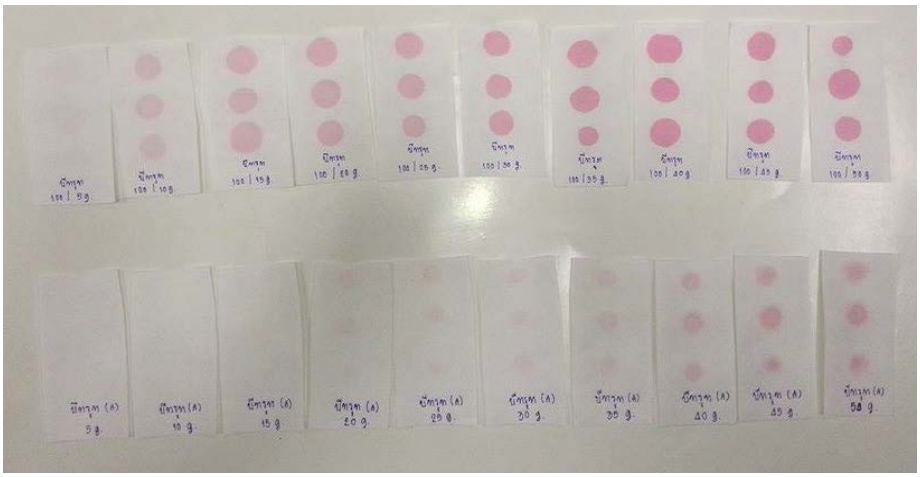
ภาพที่ 6.6 การทดสอบสีม่วงแดงจากฝางที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.3 สารสกัดสีม่วงแดงจากบีทรูท



ภาพที่ 6.7 การทดสอบสีม่วงแดงจากบีทรูทสกัดด้วยน้ำ

ภาพที่ 6.8 การทดสอบสีม่วงแดงจากบีทรูทสกัดด้วยแอลกอฮอล์

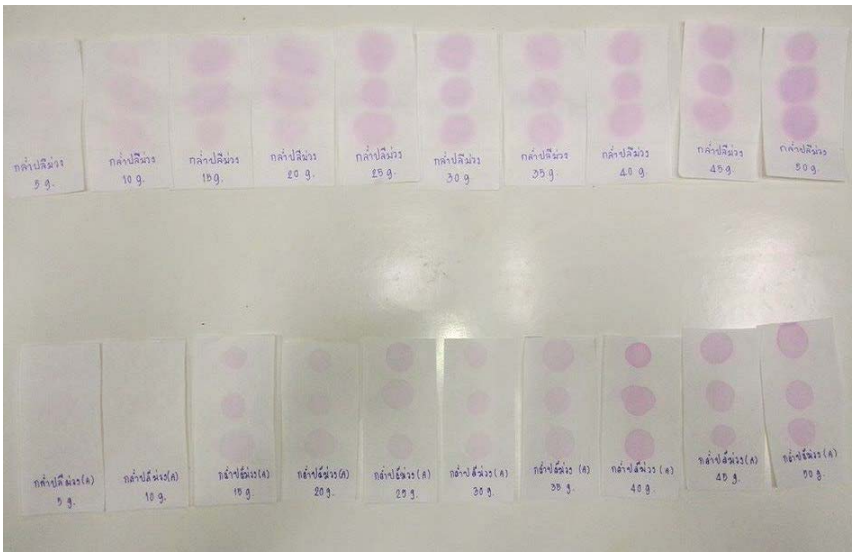


ภาพที่ 6.9 การทดสอบสีม่วงแดงจากบีทรูทที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.4 สารสกัดสีม่วงแดงจากกะหล่ำปลีม่วง

ภาพที่ 6.10 การทดสอบสีม่วงแดงจากกะหล่ำปลีม่วงสกัดด้วยน้ำ

ภาพที่ 6.11 การทดสอบสีม่วงแดงจากกะหล่ำปลีม่วงสกัดด้วยแอลกอฮอล์



ภาพที่ 6.12 การทดสอบสีม่วงแดงจากกะหล่ำปลีม่วงที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.5 สารสกัดสีเหลืองจากดอกคำฝอย

ภาพที่ 6.13 การทดสอบสีเหลืองจากดอกคำฝอยสกัดด้วยน้ำ

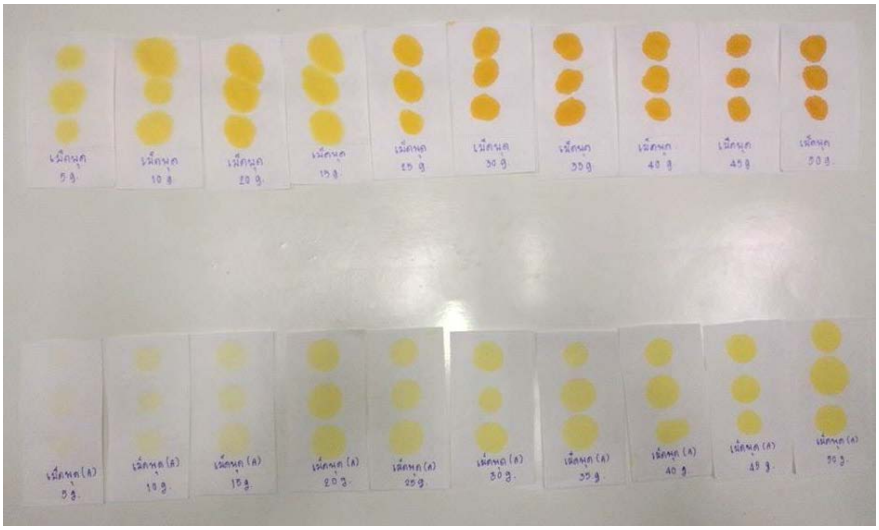
ภาพที่ 6.14 การทดสอบสีเหลืองจากดอกคำฝอยสกัดด้วยแอลกอฮอล์

ภาพที่ 6.15 การทดสอบสีเหลืองจากดอกคำฝอยที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.6 สารสกัดสีเหลืองจากเมล็ดพุดจีน

ภาพที่ 6.16 การทดสอบสีเหลืองจากเมล็ดพุดจีนสกัดด้วยน้ำ

ภาพที่ 6.17 การทดสอบสีเหลืองจากเมล็ดพุดจีนสกัดด้วยแอลกอฮอล์

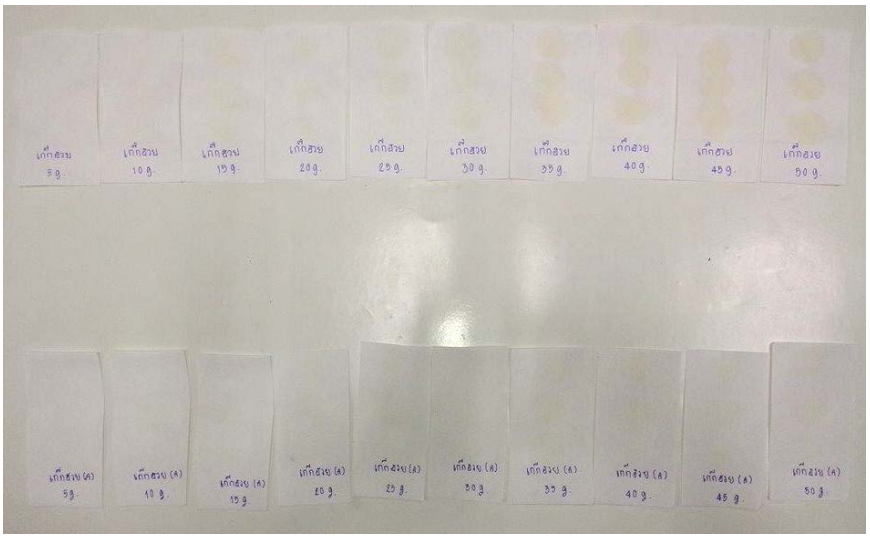


ภาพที่ 6.18 การทดสอบสีเหลืองจากเมล็ดพุดจีนที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.7 สารสกัดสีเหลืองจากดอกเก๊กฮวย

ภาพที่ 6.19 การทดสอบสีเหลืองจากดอกเก๊กฮวยสกัดด้วยน้ำ

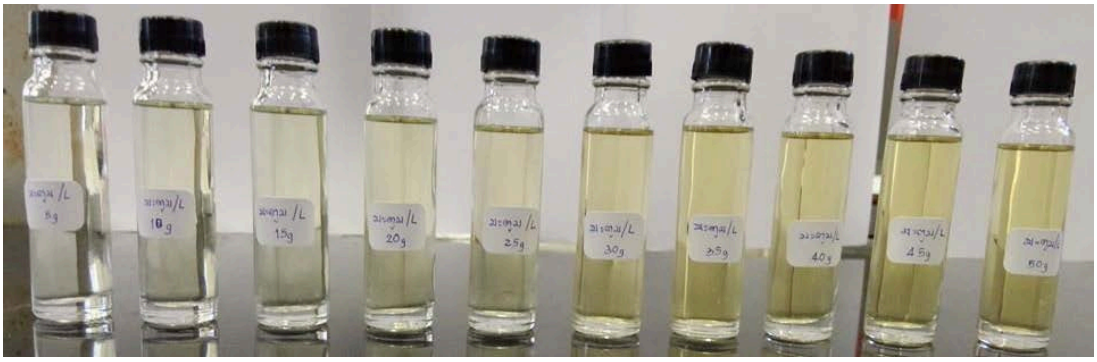
ภาพที่ 6.20 การทดสอบสีเหลืองจากดอกเก๊กฮวยสกัดด้วยแอลกอฮอล์



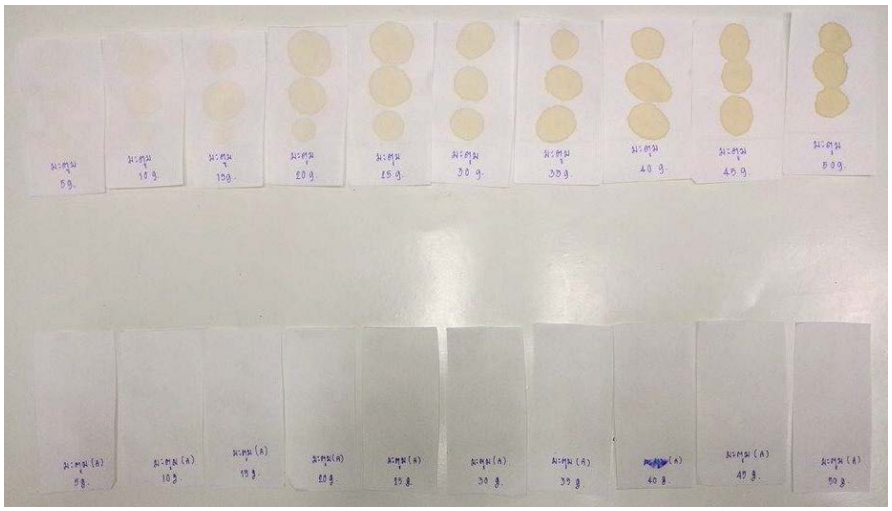
ภาพที่ 6.21 การทดสอบสีเหลืองจากดอกเก๊กฮวยที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.8 สารสกัดสีเหลืองจากมะตูม

ภาพที่ 6.22 การทดสอบสีเหลืองจากมะตูมสกัดด้วยน้ำ



ภาพที่ 6.23 การทดสอบสีเหลืองจากมะตูมสกัดด้วยแอลกอฮอล์

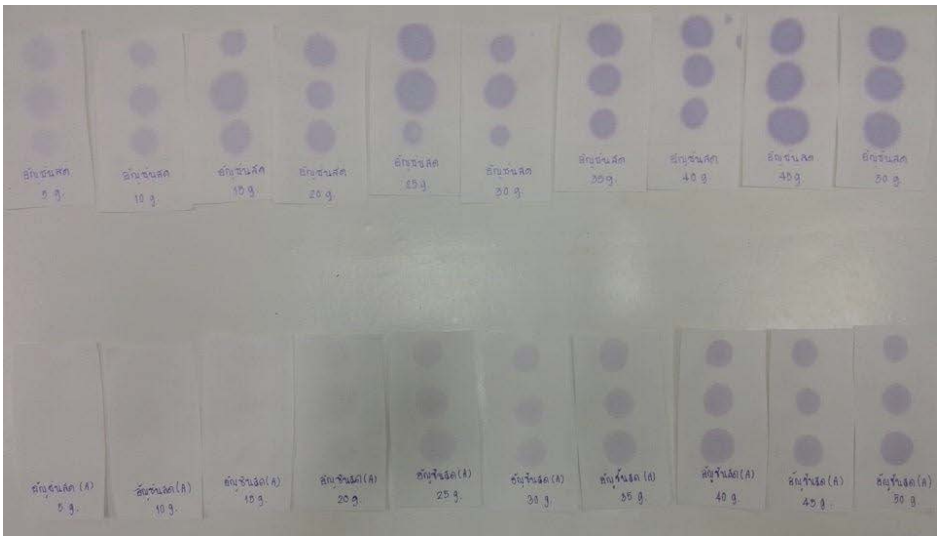


ภาพที่ 6.24 การทดสอบสีเหลืองจากมะตูมที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.9 สารสกัดสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันสด

ภาพที่ 6.25 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันสดสกัดด้วยน้ำ

ภาพที่ 6.26 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันสดสกัดด้วยแอลกอฮอล์

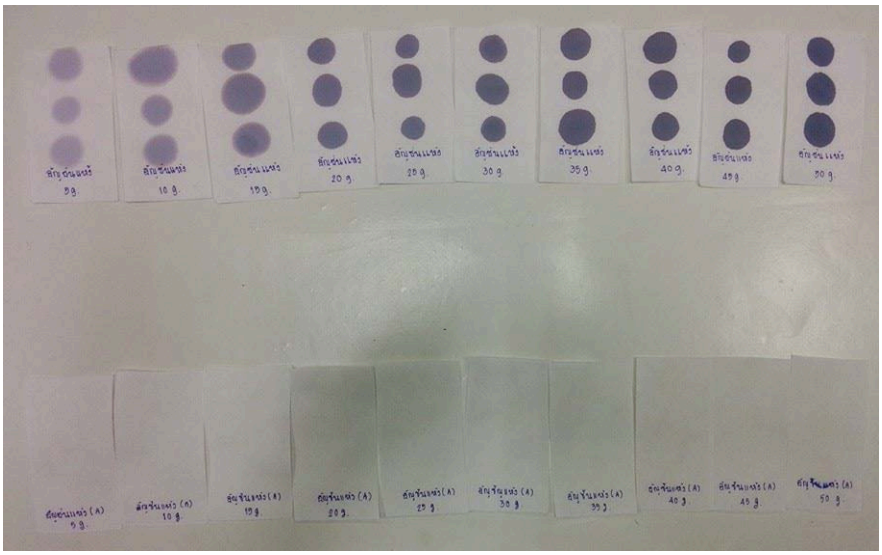


ภาพที่ 6.27 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันสดที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.10 สารสกัดสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันแห้ง

ภาพที่ 6.28 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันแห้งสกัดด้วยน้ำ

ภาพที่ 6.29 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันแห้งสกัดด้วยแอลกอฮอล์

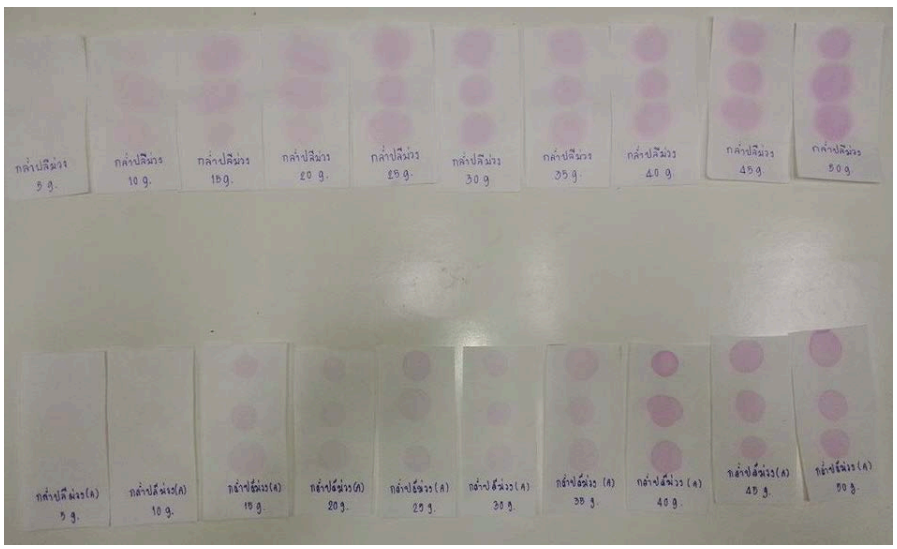


ภาพที่ 6.30 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากอัญชันแห้งที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.11 สารสกัดสีน้ำเงินเขียวจากกะหล่ำปลีม่วง

ภาพที่ 6.31 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากกะหล่ำปลีม่วงสกัดด้วยน้ำ

ภาพที่ 6.32 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากกะหล่ำปลีม่วงสกัดด้วยแอลกอฮอล์

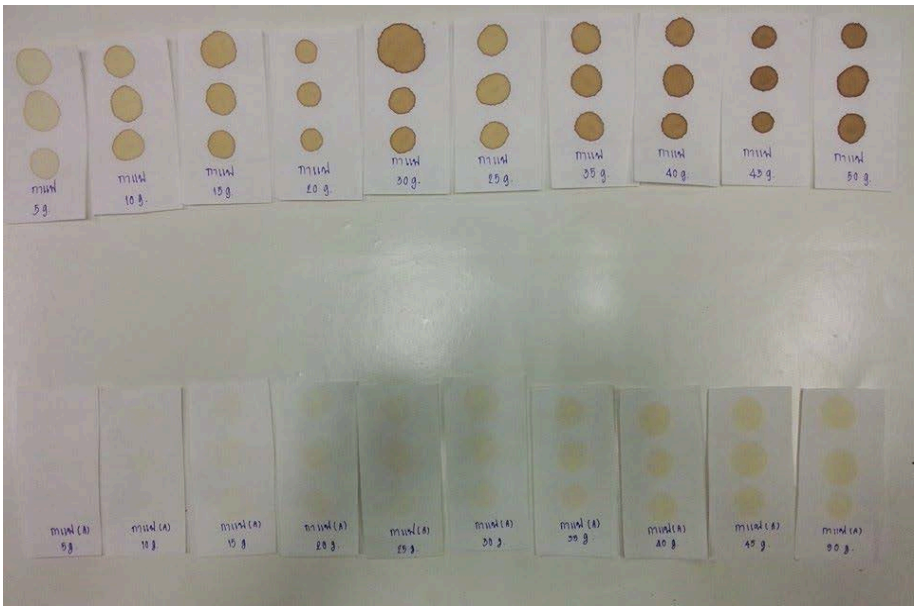


ภาพที่ 6.33 การทดสอบสีน้ำเงินเขียวจากกะหล่ำปลีม่วงที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.12 สารสกัดสีดำจากกาแฟ

ภาพที่ 6.34 การทดสอบสีดำจากกาแฟสกัดด้วยน้ำ

ภาพที่ 6.35 การทดสอบสีดำจากกาแฟสกัดด้วยแอลกอฮอล์

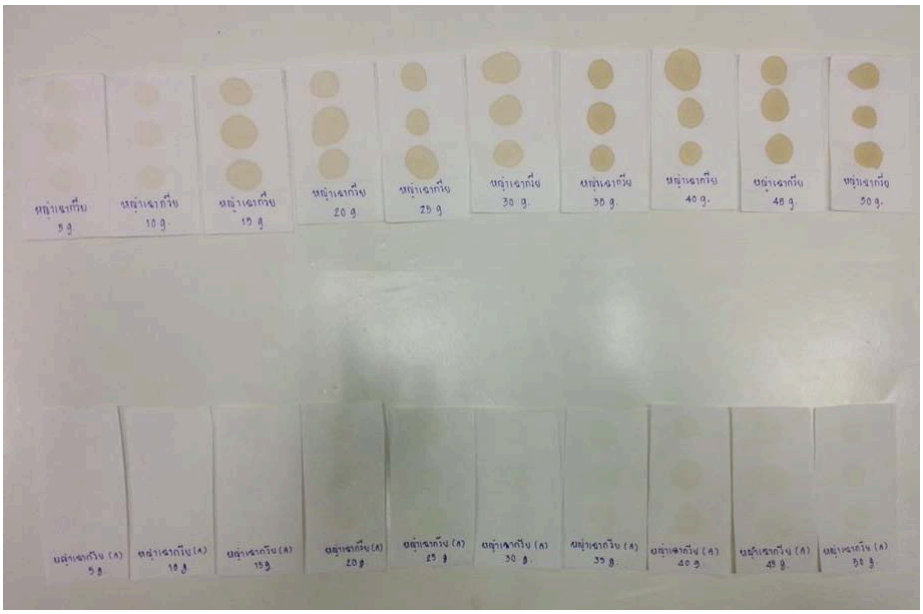


ภาพที่ 6.36 การทดสอบสีดำจากกาแฟที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.13 สารสกัดสีดำจากหญ้าเฉาก๊วย

ภาพที่ 6.37 การทดสอบสีดำจากหญ้าเฉาก๊วยสกัดด้วยน้ำ

ภาพที่ 6.38 การทดสอบสีดำจากหญ้าเฉาก๊วยสกัดด้วยแอลกอฮอล์

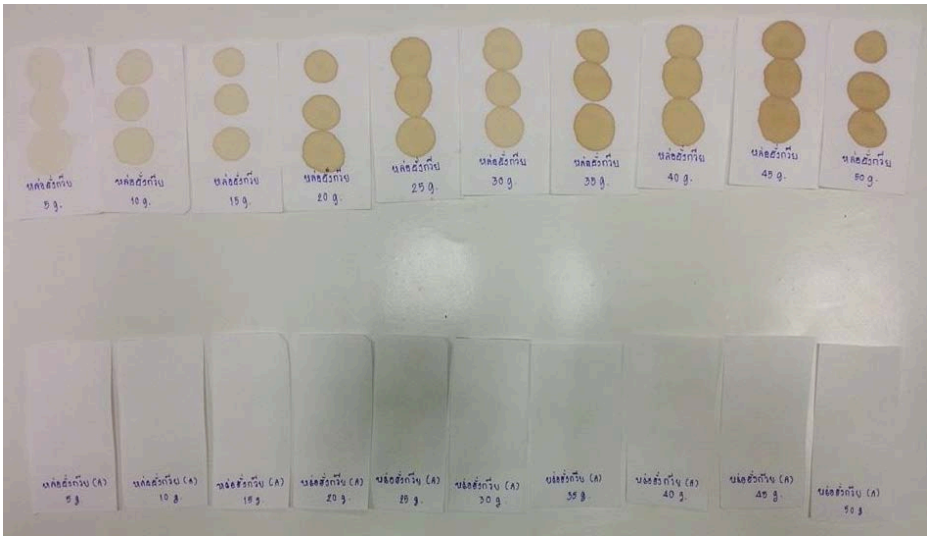


ภาพที่ 6.39 การทดสอบสีดำจากหญ้าเฉาก๊วยที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

6.14 สารสกัดสีดำจากหล่อฮั้งก้วย

ภาพที่ 6.40 การทดสอบสีดำจากหล่อฮั้งก้วยสกัดด้วยน้ำ

ภาพที่ 6.41 การทดสอบสีดำจากหล่อฮั้งก้วยสกัดด้วยแอลกอฮอล์



ภาพที่ 6.42 การทดสอบสีดำจากหล่อฮั้งก้วยที่สกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายสุรวิทย์ นันทการัตน์

งานวิจัยเรื่อง การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

การศึกษา วท.ด. เทคโนโลยีทางภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ค.อ.ม. ครุศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
วท.บ. เทคโนโลยีการพิมพ์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์
ภาควิชาเทคโนโลยีสื่อสารและอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ
สาทร กรุงเทพมหานคร 10120
โทร. 0 2287 9701

ชื่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาณุภัทร ตางาม

งานวิจัยเรื่อง การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

การศึกษา กศ.ม. ชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรจน์ มหาสารคาม
ค.บ. ชีววิทยา วิทยาลัยครูเทพสตรี ลพบุรี

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาชีววิทยา
ภาควิชาเทคโนโลยีสื่อสารและอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ
สาทร กรุงเทพมหานคร 10120
โทร. 0 2287 9701

ชื่อ นางสาวนชพรรณ จั่นทอง

งานวิจัยเรื่อง การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

การศึกษา ค.อ.ม. ครุศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ค.อ.บ. ครุศาสตร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์
ภาควิชาเทคโนโลยีสื่อสารและอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ
สาทร กรุงเทพมหานคร 10120
โทร. 0 2287 9701

ชื่อ นายบุญชัย ด้วงสวัสดิ์

งานวิจัยเรื่อง การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

การศึกษา วท.บ. เคมีวิเคราะห์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพ

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาเคมี
ภาควิชาเทคโนโลยีสื่อสารและอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ
สาทร กรุงเทพมหานคร 10120
โทร. 0 2287 9701

ชื่อ นางสาวอนัญญา ไทยบุญนาค

งานวิจัยเรื่อง การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

การศึกษา ค.อ.ม. เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ค.อ.บ. ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตโชติเวช

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์
ภาควิชาเทคโนโลยีสื่อสารและอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ
สาทร กรุงเทพมหานคร 10120
โทร. 0 2287 9701

ชื่อ นางสาวสุวรรณา รุ่งเรือง

งานวิจัยเรื่อง การผลิตหมึกพิมพ์ระบบอิงค์เจ็ทจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อผลิตภัณฑ์อาหาร

การศึกษา วท.บ. เทคโนโลยีการพิมพ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

สถานที่ติดต่อ สาขาวิชาเทคโนโลยีการพิมพ์
ภาควิชาเทคโนโลยีสื่อสารและอุตสาหกรรม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
2 ถนนนางลิ้นจี่ ทุ่งมหาเมฆ
สาทร กรุงเทพมหานคร 10120
โทร. 0 2287 9701