



รายงานการวิจัย

การผลิตลูกหอมสมุนไพรไล่แมลงและขจัดกลิ่นอับ
Manufacture of aromatic herbs ball insect repellent
and eliminate odor

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปทุมทิพย์ ปราบพาล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทวัน กลิ่นจำปา

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณแผ่นดินปี พ.ศ. 2555

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

การผลิตลูกหอมสมุนไพรไล่แมลงและขจัดกลิ่นอับ

Manufacture of aromatic herbs ball insect repellent
and eliminate odor

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปทุมทิพย์ ปราบพาล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันท์วัน กลิ่นจำปา

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
ศูนย์ศิลปวัฒนธรรม

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2555

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการผลิตลูกหอมสมุนไพรไล่แมลงและขจัดกลิ่นอับ สำเร็จบรรลุตาม
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2555
ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่ให้โอกาส เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย



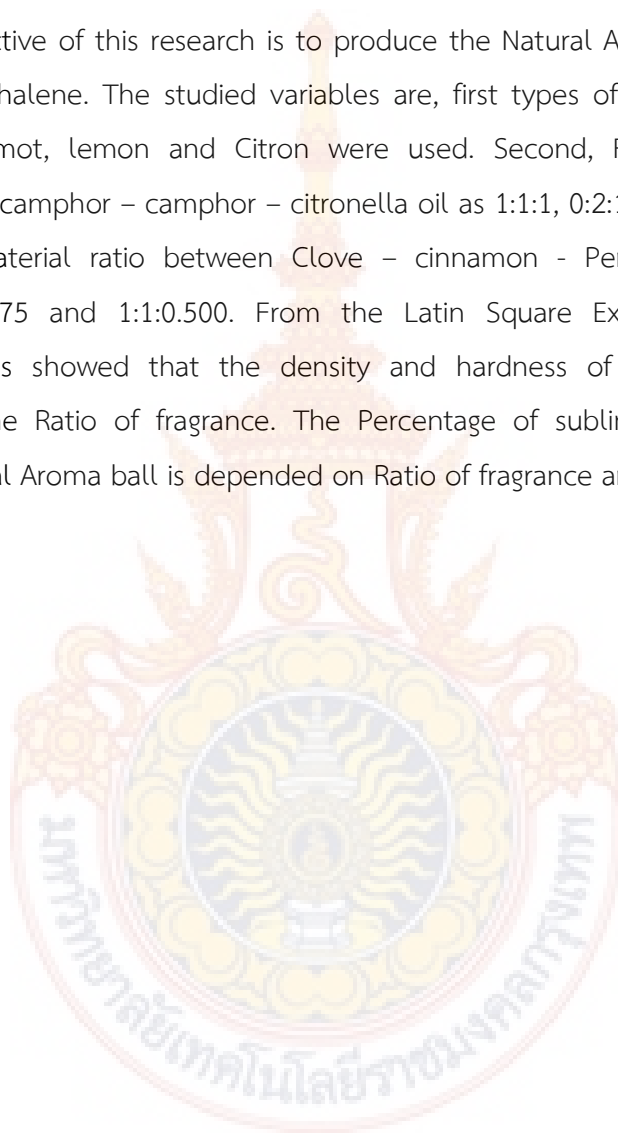
บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตลูกหอมสมุนไพรแทนเนฟทาลีน ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ 1) ชนิดของพืชให้สารเพกติน ได้แก่ ส้มโอ มะกรูด มะนาว และส้มซ่า 2) อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น ระหว่าง พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม ได้แก่ 1:1:1, 0:2:1, 2:0:1 และ 1.5:1.5:0 3) อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูประหว่าง ผงกานพลู : ผงอบเชย : ผงยางบง ได้แก่ 1:1:0.125, 1:1:0.250, 1:1:0.375 และ 1:1:0.500 โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ ผลจากการคำนวณทางสถิติพบว่า อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นมีผลต่อความหนาแน่นและความแข็งของลูกหอมสมุนไพร อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นกับชนิดพืชให้สารเพกตินมีผลต่อค่าร้อยละการระเหิดและปริมาณสารยูจินอลของลูกหอมสมุนไพร



ABSTRACT

The objective of this research is to produce the Natural Aroma ball that can use instead of naphthalene. The studied variables are, first types of pectin plant which are grapefruit, Bergamot, lemon and Citron were used. Second, Fragrance material ratio between Borneo camphor – camphor – citronella oil as 1:1:1, 0:2:1, 2:0:1 and 1.5:1.5:0 and third forming material ratio between Clove – cinnamon - *Persea kurzii* as 1:1:0.125, 1:1:0.250, 1:1:0.375 and 1:1:0.500. From the Latin Square Experimental Design, the statistical analysis showed that the density and hardness of Natural Aroma ball is depended on the Ratio of fragrance. The Percentage of sublimation and quantity of Eugenol in Natural Aroma ball is depended on Ratio of fragrance and type of pectin plant.



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
ABSTRACT	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
รายการตาราง	ช
รายการรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการทำวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	3
2.1 แนวพหาลิน	3
2.2 เพกติน	3
2.3 พืชให้สารเหนียว	9
2.4 วัสดุให้กลิ่น	13
2.5 วัสดุขึ้นรูป	18
2.6 แผนแบบการทดลองแบบจัดสุสลาติน	21
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
บทที่ 3 วิธีการทำวิจัย	23
3.1 วิธีการทดลอง	23
3.2 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและการอภิปราย	30
4.1 ลักษณะของลูกหอมสมุนไพร	30
4.2 ตัวแปรที่มีผลต่อค่าความหนาแน่น ค่าร้อยละการระเหิด ค่าความแข็ง และปริมาณสารในลูกหอมสมุนไพร โดยกำหนดเงื่อนไขการทดลองแบบ ตารางลาตินสแควร์	31
4.3 ผลการคำนวณทางสถิติ	34
4.4 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพร	41
4.5 ศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพร	45
4.6 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ลูกหอมสมุนไพร	45
บทที่ 5 สรุปผลการทำวิจัยและข้อเสนอแนะ	46
5.1 สรุปผลการทำวิจัย	46
5.2 ข้อเสนอแนะ	47
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	51
ภาคผนวก ก ข้อมูลส่วนประกอบ ความหนาแน่น ร้อยละการระเหิด และชนิดสารในลูกหอมสมุนไพร	52
ภาคผนวก ข วิธีการคำนวณทางสถิติ	65
ภาคผนวก ค การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพร	85
ภาคผนวก ง ความน่าจะเป็นแบบเอฟ $\alpha = 0.1$ ($F_{0.1}$)	92
ประวัติผู้เขียน	93

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณของเพกตินที่มีอยู่ในพืช (ร้อยละ)	5
2.2 ตารางลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4×4	21
3.1 อัตราส่วนลูกหอมสมุนไพรมตามชนิดพืชให้สารเหนียว	25
4.1 ค่าความหนาแน่น (g/cm^3) ของลูกหอมสมุนไพรมตามชนิดผิวผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ	32
4.2 ค่าร้อยละการระเหิด (%) ของลูกหอมสมุนไพรมตามชนิดผิวผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ	32
4.3 ค่าความแข็งของลูกหอมสมุนไพรมตามชนิดผิวผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ	33
4.4 ปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรมตามชนิดผิวผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ	33
4.5 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของความหนาแน่น	34
4.6 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของค่าความหนาแน่นเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น	35
4.7 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของร้อยละการระเหิด	36
4.8 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของค่าร้อยละการระเหิดเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น	37
4.9 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความแข็ง	38
4.10 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของค่าความแข็งเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น	39
4.11 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรม	41
4.12 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของปริมาณสารยูจินอลเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น	41
4.13 ลำดับความพรุนของลูกหอมสมุนไพรม	43
ก.1 ข้อมูลน้ำหนักของส่วนประกอบที่ใช้สร้างลูกหอมสมุนไพรม (g)	52
ก.2 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรม	54
ก.3 ข้อมูลสำหรับการคำนวณความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรม	55

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก.4 ข้อมูลร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพรร	56
ก.5 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A1 (ร้อยละ)	57
ก.6 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A2 (ร้อยละ)	57
ก.7 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A3 (ร้อยละ)	58
ก.8 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A4 (ร้อยละ)	59
ก.9 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A5 (ร้อยละ)	59
ก.10 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A6 (ร้อยละ)	60
ก.11 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A7 (ร้อยละ)	60
ก.12 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A8 (ร้อยละ)	61
ก.13 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A9 (ร้อยละ)	62
ก.14 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A10 (ร้อยละ)	63
ก.15 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A11 (ร้อยละ)	63
ก.16 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพรร A12 (ร้อยละ)	64
ข.1-1 แผนผังการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์	65
ข.1-2 ค่าความหนาแน่น (g/cm^3) ของลูกหอมสมุนไพรรตามชนิด เปลือกผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ	66
ข.1-3 ร้อยละการระเหิด (%) ของลูกหอมสมุนไพรรตามชนิดเปลือกผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ	66
ข.1-4 ค่าความแข็งแรง (N) ของลูกหอมสมุนไพรรตามชนิดเปลือกผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ	67
ข.1-5 ปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรรตามชนิดเปลือกผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ	67
ข.2-1 ผลรวมของแต่ละ Column และ Row ของค่าความหนาแน่น	68
ข.2-2 ผลรวมของแต่ละ Column และ Row ของร้อยละการระเหิด	68
ข.2-3 ผลรวมของแต่ละ Column และ Row ของค่าความแข็งแรง	69
ข.2-4 ผลรวมของแต่ละ Column และ Row ของปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรร	69
ข.2-5 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของเปลือกผลไม้ในแต่ละการทดลองของค่าความหนาแน่น	70
ข.2-6 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของเปลือกผลไม้ในแต่ละการทดลองของร้อยละการระเหิด	70
ข.2-7 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของเปลือกผลไม้ในแต่ละการทดลองของค่าความแข็งแรง	70

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ข.2-8 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของเปลือกผลไม้ในแต่ละการทดลองของปริมาณ สารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพร์	70
ข.2-9 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของเปลือกผลไม้ในแต่ละการทดลองของปริมาณ สารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพร์	71
ข.2-10 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของร้อยละการระเหิด	72
ข.2-11 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความแข็ง	72
ข.2-12 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพร์	73
ข.3-1 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของค่าความหนาแน่น	75
ข.3-2 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของร้อยละการระเหิด	75
ข.3-3 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของค่าความแข็ง	76
ข.3-4 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของปริมาณสารยูจินอล	76
ข.3-5 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดย วัสดุให้กลิ่นของค่าความหนาแน่น	77
ข.3-6 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นของค่าร้อยละ การระเหิด	77
ข.3-7 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นของค่าความแข็ง	78
ข.3-8 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นของปริมาณ สารยูจินอล	78
ข.3-9 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของค่าความหนาแน่นเพื่อเปรียบเทียบ ระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น	80
ข.3-10 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของร้อยละการระเหิดเพื่อเปรียบเทียบ ระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น	81
ข.3-11 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของค่าความแข็งเพื่อเปรียบเทียบ ระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น	82
ข.3-12 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของปริมาณสารยูจินอลใน ลูกหอมสมุนไพร์เพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของวัสดุให้กลิ่น	84
ง.1 ความน่าจะเป็นแบบเอพ	92

รายการรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างเพกติน	7
2.2 มะนาว	9
2.3 ส้มโอ	11
2.4 ส้มซ่า	12
2.5 มะกรูด	13
2.6 พืมหา	14
2.7 การบูร	16
2.8 ตะไคร้หอม	18
2.9 กานพลู	19
2.10 อบเชย	20
2.11 ยางบง	21
3.1 เปลือกส้มโอผสมกับพืมหาและการบูร	25
3.2 เปลือกมะกรูดผสมกับพืมหาและการบูร	26
3.3 เปลือกมะนาวผสมกับพืมหาและการบูร	26
3.4 เปลือกส้มซ่าผสมกับพืมหาและการบูร	27
4.1 ลูกหอมสมุนไพรที่การทดลองต่างๆ	31
4.2 โครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพร A12	44
4.3 โครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพร A4	44
ค.1 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรที่การทดลอง A1	87
ค.2 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรที่การทดลอง A2	87
ค.3 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรที่การทดลอง A3	88
ค.4 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรที่การทดลอง A4	88
ค.5 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรที่การทดลอง A5	88
ค.6 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรที่การทดลอง A6	89

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ค.7 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมะเขือเทศ A7	89
ค.8 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมะเขือเทศ A8	89
ค.9 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมะเขือเทศ A9	90
ค.10 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมะเขือเทศ A10	90
ค.11 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมะเขือเทศ A11	90
ค.12 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมะเขือเทศ A12	91



บทที่ 1

บทนำ

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตลูกหอมสมุนไพรไล่แมลงและขจัดกลิ่นอับ โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ บทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย ขอบเขตการทำวิจัยและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีแมลงต่างๆอาศัยอยู่มาก และสืบเนื่องมาถึงการก่อปัญหาการบกพร่องวิถีการดำเนินชีวิตของมนุษย์ จึงมีการนำลูกเหม็นมาไล่แมลงและขจัดกลิ่น แต่เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของลูกเหม็น คือเนพทาลินซึ่งเป็นสารที่ระเหิดได้เร็วในรูปของไอระเหย เมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมปกติ อาจพบปนเปื้อนในอากาศภายในบ้าน โดยเฉพาะบ้านที่มีสมาชิกที่สูบบุหรี่ หรือติดอยู่ตามเสื้อผ้าภายในตู้ที่มีการใช้ลูกเหม็น หรือก้อนดับกลิ่น ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้านเรือนที่มีเนพทาลินเป็นสารออกฤทธิ์สำคัญจัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 2 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 และอยู่ในการควบคุมของกลุ่มควบคุมวัตถุอันตราย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข เนพทาลินมีอันตรายต่อสุขภาพ ระคายเคืองตา จมูก คอ และผิวหนัง การได้รับเนพทาลินในปริมาณมาก เช่น จากการกินลูกเหม็น ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดิน มีเลือดออกในปัสสาวะ ผิวหนังซีดเหลือง และอาจทำให้เสียชีวิตได้ หากได้รับเนพทาลินในปริมาณมากเม็ดเลือดแดงจะถูกทำลายทำให้เกิดภาวะโลหิตจางซึ่งจะพบในคนที่กินลูกเหม็น เนพทาลินที่ตกค้างในร่างกายของแม่สามารถส่งผ่านไปยังลูกผ่านทางรกและการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ มีรายงานการพบภาวะโลหิตจางในลูกที่เกิดจากแม่ที่มีภาวะโลหิตจางจากการได้รับเนพทาลินในขณะตั้งครรภ์ นอกจากนี้ยังพบว่าเนพทาลินเพิ่มอุบัติการณ์การเกิดเนื้องอกและมะเร็งที่จมูกและปอดในหนูทดลองที่ได้รับเนพทาลินทางการหายใจต่อเนื่องเป็นเวลานาน แต่ไม่พบหลักฐานยืนยันการเกิดมะเร็งในคน หน่วยงาน U.S.Environmental Protection Agency (U.S. EPA), National Toxicology Program (NTP, USA) และ International Agency for Research on Cancer (IARC) จัดเนพทาลิน เป็นสารที่เป็นไปได้ที่จะก่อให้เกิดมะเร็งในคน ในขณะที่ American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) จัดระดับความเป็นอันตรายของเนพทาลินว่าไม่เป็นสารก่อมะเร็งในคน [1]

ราวศตวรรษที่ 15-16 ประเทศแถบยุโรปได้มีการประดิษฐ์วัสดุไล่แมลงจาก ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติโดยใช้ผลส้ม กานพลู และอบเชยปน ซึ่งเรียกว่า “โพแมนเดอร์ (Pomander)” ส่วนประกอบทั้งสามจะ

ให้กลิ่นหอมหวานของส้ม และ เครื่องเทศอื่นๆ อบอวลในตู้เสื้อผ้า ในขณะที่ตัวกันยังสามารถไล่แมลงจำพวก moth ได้ [2] ปัจจุบันนิยมใช้กานพลู พิมเสน การบูรหรือพืชตระกูลส้มนำมาทำให้แห้งใส่ในตู้เสื้อผ้าเพื่อไล่แมลง ขจัดกลิ่นอับ [3] แต่ยังไม่มีการทำเป็นก้อนเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเพื่อความสะดวกต่อการใช้

งานวิจัยนี้จึงศึกษาการผลิตลูกหอมสมุนไพรไล่แมลงและขจัดกลิ่นอับโดยมีแนวคิดนำสมุนไพรที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค ไล่แมลง และมีกลิ่นหอมเพื่อประโยชน์ทางสุนทรียาบำบัดมาผสมรวมกับสมุนไพรที่มียางเหนียวแล้วปั้นเป็นก้อน เพื่อสะดวกในการนำมาใช้ประโยชน์

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการผลิตลูกหอมสมุนไพรไล่แมลงและขจัดกลิ่นอับ

1.2.2 เพื่อศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพร

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาวิธีการทำลูกหอมสมุนไพร

1) หาภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำลูกหอมสมุนไพร โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ซึ่งตัวแปรที่จะศึกษามีค่าดังนี้ อัตราส่วนผสมขึ้นรูประหว่าง ผงกานพลู : ผงอบเชย : ผงยางบง ได้แก่ 1:1:0.125, 1:1:0.25, 1:1:0.375 และ 1:1:0.5 อัตราส่วนของสารให้กลิ่นระหว่าง พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม ได้แก่ 1:1:1, 0:2:1, 2:0:1 และ 1.5:1.5:0 พืชให้สารเหนียว ได้แก่ เปลือกมะกรูด เปลือกส้มโอ เปลือกส้มซ่า และ เปลือกมะนาว

2) วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของลูกหอมสมุนไพรทั้ง 16 การทดลอง โดยการหาความหนาแน่นรวม และความหนาแน่นของวัสดุ เพื่อศึกษาความพูน ตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค รอยแตกร้าว และความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพร

1.3.2 ศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพรที่ทำขึ้นจากภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยวางทิ้งไว้บรรยากาศและเก็บไว้ในถุงปิดสนิทเป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 เดือน แล้ววิเคราะห์ปริมาณสารที่ระเหยออกมาจากลูกหอมสมุนไพร ด้วยเทคนิคแมสสเปกโตรแก๊สโครมาโทกราฟีเฟนียว

1.3.3 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ลูกหอมสมุนไพรที่ทำขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้องค์ความรู้ใหม่ในการรู้วิธีการผลิตลูกหอมสมุนไพรสามารถนำมาพัฒนาต่อยอดการวิจัยหรือขยายขนาดเป็นต้นแบบเพื่อพัฒนาการผลิตระดับอุตสาหกรรมต่อไป

1.4.2 นำวิธีการไปประยุกต์ใช้ในการทำวัสดุไล่แมลงที่ปลอดภัย เป็นแนวทางส่งเสริมใช้สารที่ได้จากธรรมชาติแทนการใช้สารที่สังเคราะห์ขึ้นซึ่งจะเป็นการส่งเสริมอาชีพและสร้างรายได้ให้เกษตรกร

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

บทนี้อธิบายเกี่ยวกับแนฟทาลีน โครงสร้าง องค์ประกอบ การเกิดเจล และการแบ่งเกรดของ เพกติน โครงสร้างของโพลีแซ็กคาไรด์ รายละเอียดของมะนาว ส้มโอ ส้มซ่า มะกรูด พืชมะนาว การบูร ตะไคร้หอม กานพลู อบเชย และยางบัง แผนแบบการทดลองแบบจัดสุ่มสุ่ม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนฟทาลีน (Naphthalene) [9]

แนฟทาลีนประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน 2 วง และอยู่ในหมู่จำพวก polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) แนฟทาลีนซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนยังถูกนำมาใช้ในการผลิต พทาสิกแอนไฮไดรด์ (phthalic anhydride) กรดแอนทรานิลิก (anthranilic acids) แนฟธอล (naphthols) แนฟทาลีนเอมีน (naphthylamines) การสังเคราะห์เรซิน เซลลูลอยด์ (celluloid) แอนทราควิโนน (anthraquinone) เพอร์รีน (perylene) ไฮโดรแนฟทาลีน (hydronaphthalenes) แนฟทาลีนซัลโฟเนต (naphthalenesulfonates) เบต้า-แนฟธอล (beta-naphthol) และ 1-แนฟทิล-เมธิลคาร์บาเมต (1-naphthyl-n-methyl carbamate) ยังไม่มีหลักฐานที่แน่ชัดว่า แนฟทาลีนสามารถทำให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ได้ แต่เมื่อสูดดมไปจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง เกิดความเสียหายต่อตับและระบบประสาท

2.2 เพกติน (Pectin) [10]

เพกตินเป็นโพลิเมอร์สายยาวประกอบด้วยหน่วยย่อยของกรดกาแลกทูโรนิก (galacturonic acid) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิก $\alpha, 1 \rightarrow 4$ ดังรูปที่ 2.1 น้ำหนักโมเลกุลของ เพกตินอยู่ระหว่าง 10,000 – 40,000 เพกตินละลายและพบในผนังเซลล์ของพืชของเนื้อแอปเปิล กระจับ มะดัน ผีเสื้อและเปลือกส้มชนิดต่างๆ โดยนำมาใช้ทำเยลลี่และแยม เนื่องจากเพกตินสามารถ เกิดเจลได้ โดยการเกิดเจลของเพกตินต้องมีสารช่วยดูดน้ำออกจากโมเลกุล (dehydrating agent)

เช่น น้ำตาล จะช่วยลดการละลายของเพกตินให้น้อยลง และมีกรดในปริมาณที่เหมาะสม โดยไฮโดรเจนไอออนจากกรดจะช่วยลดจำนวนของประจุลบของหมู่คาร์บอกซิลให้น้อยลง ทำให้ลดการผลักกันระหว่างประจุลบที่หมู่คาร์บอกซิล ทำให้สายของเพกตินเข้ามาใกล้กันและเกาะตัวเป็นตาข่าย สารประกอบเพกติน เป็นกลุ่มของสารประกอบเชิงซ้อน สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1) โปรโตเพกติน เป็นสารประกอบเพกตินที่ไม่ละลายน้ำ และพบมากในผลไม้ดิบ

โมเลกุลของโปรโตเพกตินมีหมู่เมทอกซิลอยู่ประมาณ 9-12 เปอร์เซ็นต์ หากเกิดปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันอย่างสมบูรณ์จะมีหมู่เมทอกซิลอยู่ในโมเลกุลของโปรโตเพกตินประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามี degree of methoxylation เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ แต่จะไม่เกิดขึ้นในธรรมชาติระหว่างกระบวนการสุกของผลไม้ โปรโตเพกตินจะถูกไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์หรืออาจใช้ต่าง จะทำให้หมู่เมทิลถูกแยกออกไปบางส่วนได้เป็นหมู่คาร์บอกซิลอิสระ เรียกว่า กรดเพกติก (pectinic acid) เป็นสารประกอบเพกตินที่ละลายในน้ำ

2) กรดเพกติก เป็นสารประกอบเพกตินหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโรนิกที่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์เหลืออยู่บางส่วน และเมื่อถูกไฮโดรไลซ์เอาหมู่เมทิลออกจนหมดจะได้เป็นกรดเพกติก (pectic acid)

3) กรดเพกติก เป็นสารประกอบเพกตินหรือพอลิเมอร์ของกรดกาแล็กทูโรนิกที่ไม่มีหมู่เมทิลเอสเทอร์อยู่ในโมเลกุลเลย

ดังนั้นสารประกอบเพกตินหรือเพกติกจึงเป็นการเรียกชื่อรวมๆ ของกรดเพกติกที่มีเปอร์เซ็นต์ของหมู่เมทอกซิล หรือ degree of methoxylation แตกต่างกันปริมาณของเพกตินในเนื้อเยื่อพืชบางชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.1

2.2.1 การเกิดเจลของเพกติน

เพกตินเป็น gelling agent ที่ดี สมบัติในการเกิดเจลของเพกตินขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ ความยาวของสายพอลิเมอร์ และ degree of methoxylation และจะเกิดเจลได้ในภาวะที่มีกรดและน้ำตาล โครงสร้างโมเลกุลของเพกตินจะเป็นเกลียว (coiled) มากกว่าสายตรง และมีพันธะไฮโดรเจนน้อยกว่าพอลิเมอร์สายยาว เช่น เซลลูโลส สาเหตุอาจเนื่องจากลักษณะและรูปร่างของสาย คือ หมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง C2 และ C3 ซึ่งมีประจุไม่เกิดแรงดึงดูดกันกับหมู่ -OH หรือ -CH₃ และประจุที่เกิดจากการแตกตัวของหมู่คาร์บอกซิล

การเกิดเจลของเพกตินจะต้องมีสารช่วยดึงน้ำออกจากโมเลกุล (dehydrating agent) เช่น น้ำตาล จะช่วยลดการละลายของเพกตินให้น้อยลง และมีกรดในปริมาณที่เหมาะสมโดยไฮโดรเจนไอออน (H⁺) จากกรดจะช่วยลดจำนวนประจุลบของหมู่คาร์บอกซิลให้น้อยลง ทำให้ลดการผลักกันระหว่างประจุลบที่หมู่คาร์บอกซิล ทำให้สายของเพกตินโมเลกุลเข้ามาใกล้กันได้และเกาะตัว

กันเป็นตาข่าย เพกตินที่เกิดเจลดีที่สุด คือ เพกตินที่มีหมู่เมทอกซิลในโมเลกุลประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ คือ มี degree of methoxylation ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.1 ปริมาณของเพกตินที่มีอยู่ในพืช (ร้อยละ)

ชนิดของพืช	ปริมาณเพกติน
มันฝรั่ง	2.3
มะเขือเทศ	3.0
แอปเปิล	5-7
แครอท	7-10
เทอร์นิพ	10
กากแอปเปิ้ลที่เหลือจากการคั้นน้ำ (apple pomace)	15-18
Sugar beet pulp	25-30
เปลือกส้ม (citrus albedo)	30-40
เลมอน	30-35
เกรฟฟรุต	1.6-4.5

2.2.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของสารละลายเพกติน

- 1) น้ำหนักโมเลกุลเพกติน โดยน้ำหนักโมเลกุลของเพกตินสูงจะมีค่าความหนืดสูง
- 2) Degree of methoxylation เพกตินที่มีหมู่เมทอกซิลมาก เรียกว่า high methoxylpectin จะมี degree of methoxylation มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ซึ่งจะให้สารละลายที่มีความหนืดสูง
- 3) ความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ การเติมแคลเซียมไอออน (Ca^{+2}) หรือ อะลูมิเนียมไอออน (Al^{+3}) จะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะกับเพกตินชนิด low-methoxyl pectin
- 4) พีเอช พีเอชที่มีความหนืดสูงสุดขึ้นอยู่กับ degree of methoxylation

2.2.2 การแบ่งเกรดของเพกติน

การแบ่งเกรดของเพกตินอาจพิจารณาจากปริมาณน้ำตาลที่ใช้ในการทำให้เกิดเจลต่อ 1 ส่วนของเพกติน เช่น high sugar-pectin-acid gel จะเกิดเจลที่พีเอช 3.2 - 3.5 ใช้น้ำตาล 65 - 70 เปอร์เซ็นต์ และใช้เพกติน 0.2-1.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ low sugar gel หรืออีกชื่อที่เรียกว่า แคลเซียมเพกตินเนตเจล ใช้ปริมาณน้ำตาลต่ำประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ เหมาะกับแยมหรือเจลลี่ที่ให้พลังงานต่ำ การแบ่งเกรดของเพกตินยังกำหนดตามระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดเจล เช่น

2.2.2.1 Rapid-set pectin เป็นเพกตินที่มีค่าของ degree of methoxylation ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะเกิดเจลเมื่อมีกรดและน้ำตาลที่พีเอช 3.0-3.4 ความแข็งแรงของเจลขึ้นอยู่กับน้ำหนักโมเลกุลของเพกติน เพกตินที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะให้เจลที่มีความแข็งแรงมาก และความแข็งแรงของเจลไม่ขึ้นกับ degree of methoxylation

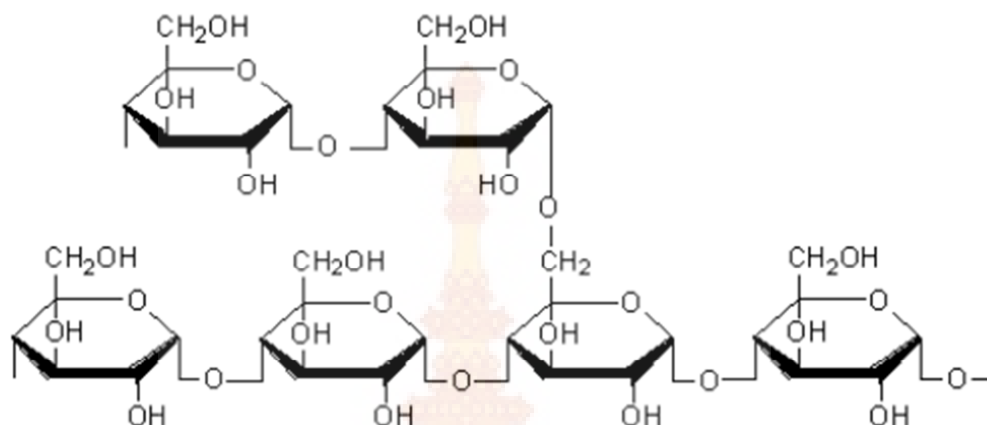
2.2.2.2 Slow-set pectin เป็นเพกตินที่มีค่า degree of methoxylation ซึ่งโดยประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดเจลเมื่อมีกรดและน้ำตาลที่พีเอช 2.8-3.2 และที่อุณหภูมิต่ำกว่าชนิด rapid-set pectin เพกตินที่มีหมู่เมทอกซิลต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะไม่เกิดเจลน้ำตาล และกรดแต่จะเกิดเจลกับแคลเซียมไอออน และความแข็งแรงของเจลจะขึ้นอยู่กับ degree of methoxylation แต่ไม่ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของโมเลกุล

เพกตินที่ผลิตเป็นการค้าจะสกัดจากเปลือกส้มโดยใช้กรดเจือจาง และนำไปใช้ในการผลิตแยมหรือเจลลี่ประเภทที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูง :ซึ่งโดยเพกตินเหล่านี้จะต้องมีค่า degree of methoxylation ไม่น้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ยังมีค่า degree of methoxylation มาก จะต้องการอุณหภูมิในการเกิดเจลสูงขึ้นด้วย ดังนั้น rapid-set pectin จึงมีค่าของ degree of methoxylation ประมาณ 74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใช้ในแยมและผลไม้เชื่อม (preserves) สำหรับประเภท slow-set pectin มีค่า degree of methoxylation ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในแยมและเจลลี่ โดยเฉพาะกรดและน้ำตาลต้องมีความเข้มข้นประมาณ 65-70 เปอร์เซ็นต์ และมีพีเอชประมาณ 2.8-3.2 ประจุบวกของกรดจะทำให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างหมู่คาร์บอกซิลที่แตกตัวเป็นไอออนและไม่แตกตัวเป็นไอออน หากหมู่คาร์บอกซิลไม่แตกตัวเป็นไอออนมาก ๆ จะทำให้มีจำนวนประจุลบลดลง และลดการดึงดูดกันระหว่างโมเลกุลของเพกตินกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้ความสามารถในการกระจายตัวในระบบคอลลอยด์ของเพกตินลดลงด้วย ดังนั้นเมื่อปล่อยให้แยมเย็นลง เพกตินจะเกิดการเกาะตัวกันเป็นเจลชนิดเปลี่ยนกลับไปมาได้เมื่อได้รับความร้อน

เพกตินที่มีค่า degree of methoxylation ต่ำ กลไกการเกิดเจลจะเกิดจากการ cross-link ระหว่างหมู่คาร์บอกซิลอิสระกับแคลเซียม เจลที่เกิดขึ้นไม่จำเป็นต้องมีน้ำตาล และเกิดเจลได้ในช่วงพีเอชกว้างกว่าพวกที่มีค่า degree of methoxylation สูง ดังนั้นพวกที่มีค่า degree

of methoxylation ต่ำ จึงมีประโยชน์ใช้สำหรับทำเยลหรือเจลลี่ที่ให้พลังงานหรือแคลอรีต่ำ และเตรียมได้จากปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิสที่ควบคุมอัตราการไฮโดรไลซ์หมู่เมทิลออกจากโมเลกุลของ



เพกตินด้วยกรด ต่าง หรือเอนไซม์เพกตินเอสเทอเรส

รูปที่ 2.1 โครงสร้างเพกติน [11]

2.2.3 บทบาทของโพลีแซ็กคาไรด์ [12]

โพลีแซ็กคาไรด์ในอาหารมีบทบาทสำคัญ 2 ประการ คือ เป็นสารอาหารและเป็นสารปรุงแต่ง บทบาทของการเป็นสารอาหารคือเป็นอาหารเยื่อใยสูง อาหารให้พลังงานต่ำ ส่วนบทบาทของการเป็นสารปรุงแต่ง เช่น เป็นสารให้ความข้นหนืด สารอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้อาหารมีเนื้อสัมผัสที่ดี ทำให้อาหารมีสีน้ำตาล และให้กลิ่นรสที่ดี ในที่นี้จะพูดถึงบทบาทของโพลีแซ็กคาไรด์ที่ทำหน้าที่ต่างๆ ในอุตสาหกรรมอาหารในด้านการเป็นสารปรุงแต่ง ดังนี้

2.2.3.1 การทำให้อาหารข้นหนืด

โพลีแซ็กคาไรด์ เช่น กัม ไฮโดรคอลลอยด์ ใช้เป็นตัวให้ความข้น (thickener) และ/หรือเป็นสารละลายเจล (gel aqueous solutions) ดัดแปลงและควบคุมสมบัติการไหลและเนื้อสัมผัสของอาหารเหลวและเครื่องดื่ม และสมบัติในการเสีรูปร่างของอาหารกึ่งของแข็ง ในระดับความเข้มข้น 0.25-0.50% ปริมาณที่ใช้น้อยนี้แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการให้ความหนืดและเกิดเจลได้สูง ความหนืดของสารละลายโพลีเมอร์ขึ้นกับขนาดและรูปร่างของโมเลกุลและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในตัวทำละลาย

โพลีแซกคาไรด์สายตรงให้สารละลายที่มีความหนืดสูง แม้ที่ความเข้มข้นต่ำ ความหนืดขึ้นอยู่กับทั้ง DP (degree of polymerization, ระดับการเกิดโพลิเมอร์หรือน้ำหนักโมเลกุล) และความแข็งแรงของรูปร่างและความยืดหยุ่นของสายโซ่โพลิเมอร์ในตัวทำละลาย สารละลายจะคงตัว เมื่อสายโซ่ตรงมีประจุด้วยแรงผลักคูลอมบ์ (Coulombic repulsion) ป้องกันสายโซ่มาใกล้ชิดกัน

2.2.3.2 การทำให้อาหารเกิดเจล

สารที่มีโมเลกุลยาวเมื่ออยู่ในสารละลายจะมีส่วนหนึ่งของโมเลกุลจับตัวกับโมเลกุลอื่นๆ ที่อยู่ใกล้กัน และปล่อยโมเลกุลน้ำที่เคยจับอยู่ให้หลุดออกไป ทำให้เกิดโครงสร้างเหมือนร่างแหใน 3 มิติ โดยมีโมเลกุลน้ำแทรกอยู่ทั่วไป โครงสร้างที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า เจล ความแข็งแรงของเจลขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของส่วนที่จับตัวกัน ถ้าส่วนที่จับตัวกันมีระยะสั้นมากการจับตัวจะไม่แข็งแรงมากนัก เจลจะถูกทำลายได้ง่าย การเกิดเจลอาจใช้วิธี cross-link ให้โมเลกุลเชื่อมต่อกันเป็นตาข่าย ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น ถ้าสูงมากพอจะทำให้เกิดเจลได้ สำหรับโพลีแซกคาไรด์ที่มีกรดยูโรนิคหรือกลุ่มซัลเฟตมาก เช่น เพกติน อัลจิเนต จะเกิดเจลเมื่อผสมสารที่มีประจุตรงกันข้าม และมีวาเลนซ์ 2 ลงไป

2.2.3.3 การทำหน้าที่เป็นสารเสถียร

สารเสถียรหรือสารช่วยให้อยู่ตัว (stabilizers) หมายถึงสารที่ทำหน้าที่มิให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพในทางที่ไม่พึงประสงค์ โดยมีหน้าที่หลักดังนี้ ป้องกันการแยกตัวของน้ำ ป้องกันการแยกตัวของน้ำมัน ป้องกันการตกผลึก ป้องกันการตกตะกอนของอนุภาค และป้องกันการแยกตัวของโฟม หน้าที่เหล่านี้เกี่ยวข้องกับ ความหนืดทั้งสิ้น สารโพลีแซกคาไรด์ช่วยให้อิมัลชันอยู่ตัวได้ดี โดยเฉพาะอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ โดยทำให้ความหนืดของน้ำเพิ่มขึ้น เป็นการลดหรือป้องกันเม็ดไขมันเคลื่อนที่เข้ามาจับตัวกันหรือรวมตัวกันของสารโพลีแซกคาไรด์บางชนิด

น้ำผักหรือผลไม้มักมีปัญหาการตกตะกอน ถ้ามีเพกตินอยู่จะช่วยให้อยู่ตัวมากขึ้น อย่างไรก็ตามน้ำผักหรือผลไม้จะมีเอนไซม์เพกตินเนส (pectinase) และเอนไซม์เมทอกซิเลส (methoxylase) จะมีผลให้แอลกอฮอล์หลุดออกจากโมเลกุลของเพกติน สมบัติการเป็นคอลลอยด์ที่เสียไป ดังนั้นการให้ความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์จะทำให้น้ำผักหรือผลไม้อยู่ตัวมากขึ้น

2.2.3.4 การทำให้เกิดฟิล์มบนผิวอาหาร

การเคลือบผิวด้วยสารโพลีแซ็กคาไรด์เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น ป้องกันการหลุดลุ่ยของเนื้อ ป้องกันมิให้เหินอะหนะมือ และป้องกันการสูญเสียกลิ่นรส สารดังกล่าวจะแทรกเข้าไปในรูเล็กๆ ของผิวผลไม้ พองตัวและอุดรูไว้ ป้องกันการสูญเสียความชื้นและกลิ่นรส และป้องกันอากาศเข้าไปและเกิดออกซิเดชัน

2.2.3.5 การทำหน้าที่เป็นอาหารพลังงานต่ำ

นอกจากการทำหน้าที่เป็นสารปรุงแต่งอาหารแล้ว ในปัจจุบันนี้ยังมีการใช้สารโพลีแซ็กคาไรด์ในอาหารเพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น เป็นอาหารพลังงานต่ำ เป็นต้น

2.3 พืชให้สารเหนียว

2.3.1 มะนาว

มีชื่อเรียกตามท้องถิ่นว่า ส้มมะนาว มะลิ้ว (เชียงใหม่) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus aurantifolia* (Christm) Swing. จัดเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Rutaceae

2.3.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ มะนาวเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ทรงพุ่ม มีหนามตามต้น ก้านใบสั้น ตัวใบเป็นรูปวงรี สีเขียวใบไม้ ขอบใบหยักเล็กน้อย ปลายและโคนใบมน ดอกเล็กสีขาวอมเหลือง ผลกลม เปลือกบางเรียบ มีน้ำมาก รสเปรี้ยวจัด เปลือกผลมีน้ำมัน กลิ่นหอม รสขม

2.3.1.2 สรรพคุณ สามารถใช้ใบของมะนาวเป็นยาแก้ไข้ แก้ท้องอืด ท้องเสีย ช่วยขับลม และทำให้เจริญอาหาร เป็นต้น ผลสดของมะนาว เป็นยาแก้กระหาย แก้อ่อนใน บำรุงธาตุเจริญอาหาร หรือใช้ผลดองเกลือ จนเป็นสีน้ำตาล ใช้เป็นยาขับเสมหะ ทำให้ชุ่มคอ เป็นต้น เปลือกผลแห้งของมะนาว ใช้เป็นยาแก้จุกเสียดแน่นท้อง แก้ปวดท้อง ขับเสมหะ บำรุงกระเพาะอาหาร ขับลม เป็นต้น หรือจะใช้รากสดเป็นยาแก้พิษจากการถูกกระแทก

2.3.1.3 ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ผิวเปลือกของมะนาวมีน้ำมันหอมระเหย “โวลาทิล” เช่น Sarronoid, Organic acid, citral และวิตามินซี น้ำมะนาวมีฤทธิ์รักษาโรค ลักปิดลักเปิด เนื่องจากมีวิตามินซีสูง มีฤทธิ์ในการแก้ไอ ขับเสมหะ เนื่องจากกรดที่มีอยู่ในน้ำมะนาว กระตุ้นให้มีการขับน้ำลายออกมา ทำให้เกิดการชุ่มคอจึงลดอาการไอลงได้



รูปที่ 2.2 มะนาว [14]

2.3.2 ส้มโอ [13]

ส้มโอ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus maxima* Merr. จัดอยู่ในวงศ์ RUTACEAE

ส้มโอ นับเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีและแคลเซียมสูงมาก ผลจะนำมารับประทานตอนสุก หรือนำมาปรุงอาหารยอดนิยม เช่น ยำส้มโอ ส่วนเปลือกที่มีรสขมสามารถนำมาเชื่อมได้อีกด้วย ประเทศจีนนิยมนำมาใช้เป็นยาแก้ธาตุไม่ปกติและแก้ไอ ใช้ผสมยาหอมรับประทาน

2.3.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ส้มโอเป็นพรรณไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูงประมาณ 8-9 เมตร ลำต้นมีสีน้ำตาล

1) ใบ ใบเดี่ยว รูปมนรี ขอบใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ปลายใบมนเช่นเดียวกับ โคนใบ

2) ดอก ออกดอกเดี่ยว หรือออกเป็นช่อ โดยจะอยู่ตามง่ามใบ มีสีขาว และมี กลีบดอก 4 กลีบ

3) ผล รูปร่างกลมโต เปลือกหนามีต่อมน้ำมันมาก ผลอ่อนมีสีเขียว ผลแก่ หรือสุกมีสีเหลือง ขนาดผลยาวประมาณ 9-10 cm เนื้อในมีสีเหลืองอ่อนและสีชมพูมีรสหวานอมเปรี้ยว มีเมล็ดฝังอยู่ในเนื้อสีเหลืองอ่อนๆ

2.3.2.2 สรรพคุณทางยาสมุนไพร สามารถป้องกันและรักษาโรคเลือดออกตามไรฟัน ช่วยระบาย บำรุงหัวใจ แก้ไอ และขับเสมหะ

1) ผลส้มโอ ขับลมในลำไส้ แก้เมาเหล้า ช่วยขับเสมหะ แก้ไข้เลื่อน

2) ใบส้มโอ นำมาต้มพอกศีรษะแก้ปวดหัว นอกจากนั้นยังเป็นยาแก้ท้องอืดท้องเฟ้ออีกด้วย

3) ดอกส้มโอ แก้อาการปวดกระบังลม และปวดในกระเพาะอาหาร

4) เมล็ดส้มโอ แก่ไส้เลื่อน ลำไส้หดตัว แก้วัด แก้อิโ แก้วัดท้องน้อยและ

กระเพาะอาหาร



รูปที่ 2.3 ส้มโอ [15]

2.3.3 ส้มซ่าหวาน [16]

ส้มซ่าหวาน มีชื่อเรียกอื่นๆ มะนาวควาย ส้มมะจั่ว ภาคตะวันตกเรียกว่า มะขุน และ ส้มซ่า ภาคอีสานเรียกว่า ส้มซ่า ชื่อสามัญว่า Citron และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus medica* Linn. Var. *Linetta*

ส้มซ่าหวานถ้าปลูกด้วยการตอนกิ่ง จะเป็นพุ่มไม้ขนาดกลาง ถ้าปลูกด้วยเมล็ดจะเป็น ไม้ยืนต้นที่สูงชะลูด กิ่งโปร่ง ใบเดี่ยว ดอกเดี่ยว กลีบสีขาวนวล ผลเล็กสีเขียวเข้ม เมื่อแก่ผิวเขียวอ่อน ลง เมื่อสุกผิวเขียวอมเหลือง ผิวขรุขระคล้ายมะกรูด เปลือกหนา เปลือกในสีสีขาว ผิวส้มซ่ามีต่อม น้ำมันหอมระเหยอยู่ใต้ผิวเต็มไปหมด มีกลิ่นเฉพาะตัว

2.3.2.1 คุณค่าอาหารและสรรพคุณ

- 1) น้ำที่ดองผลส้มซ่าหวาน ใช้ดื่มเป็นยาอายุวัฒนะ
- 2) ผิวใช้ทำยาหอม แก้วลมวิงเวียน หน้ามืดตาลาย แก้วท้องอืดท้องเฟ้อ และสามารถไถ่ยุงได้
- 3) น้ำส้มซ่าหวาน สามารถกัดฟอกเสมหะ แก้วไอ ฟอกโลหิต
- 4) ใบ รักษาโรคผิวหนัง



รูปที่ 2.4 ส้มซ่า [17]

2.3.4 มะกรูด [18]

ชื่อพฤกษศาสตร์ *Citrus hystrix*, DC.

ชื่อพ้อง *Citrus echinata* St. Lag., *Citrus latipes* Hook. F. & Thoms., *Citrus papida* Miq

ชื่อวงศ์ Rutaceae

ชื่ออื่นๆ โก๋ร้ยเชียด มะขุน มะขู มะขูด ส้มกรูด ส้มมั่วผี Leech Lime, Maurtius Papeda, Kaffir Lime, Porcupine Orange

2.3.4.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ มะกรูดเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก แตกกิ่งก้าน ลำต้น และกิ่งมีหนามแข็ง ใบเป็นใบประกอบที่มีย่อยใบเดี่ยว มีสีเขียว รูปร่างค่อนข้างกลมยาว มีลักษณะคอดกึ่งที่กลาง ใบเป็นตอนๆ มีก้านแผ่ออกใหญ่เท่ากับแผ่นใบ ทำให้ใบมีสองตอน ใบมีสีเขียวแก่ค่อนข้างหนา มีกลิ่นหอมมากเพราะมีต่อมน้ำมันอยู่ ดอกออกเป็นช่อ ดอกเกิดที่ส่วนยอดหรือซอกใบ ออกเป็นกระจุก 1-15 ดอก ดอกมีสีขาวครีม มีกลิ่นหอมเพราะมีต่อมน้ำมันอยู่ ผลมีรูปร่างค่อนข้างกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางโดยประมาณ 5-7 cm มีสีเขียวเข้ม ผิวผลขรุขระเป็นลูกคลื่น มีต่อมน้ำมันหอมระเหยอยู่เป็นจำนวนมาก มีจุดที่หัวของผล เนื้อผลมีรสเปรี้ยวปนขมเล็กน้อย และภายในแบ่งออกเป็น 5-10 ห้อง เมล็ดมีสีเหลืองนวลรูปไข่

2.3.4.2 องค์ประกอบทางเคมี เมื่อนำผิวและใบมะกรูดมาลั่นด้วยไอน้ำ พบว่ามีน้ำมันหอมระเหยประมาณ 1.29% และ 6-7% ตามลำดับ สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากใบสดประกอบด้วย citronella ประมาณ 80% citronellol ประมาณ 10% นอกจากนั้นจะมี

ประกอบด้วย α -pinene, β -pinene, geranio terpinene 4-ol, citronellyl acetate, geranial, geraniol acetate, sabinene, nerol caryophyllene และ linalool

สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยที่พบที่ผิวมะกรูดประกอบด้วย β -pinene ประมาณ 39.3% limonene ประมาณ 14.2% caryophyllene, sabinene, citronellol, 1,8-cineol, linalool, myrcene, α -pinene, α -terpineol, geraniol, elemol, β -cubenene, cineole, cyclohexanol, narigin, rutin, hesperidine, quercetin และ kaempferol ส่วนในน้ำมันมะกรูดมีกรดซิตริก (citric acid) วิตามินซี และกรดอินทรีย์ชนิดอื่นๆ

มะกรูดเป็นสมุนไพรไทยที่นิยมมาประกอบอาหาร มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องหอมและเครื่องสำอาง เช่น แชมพู ครีม สบู่ และโคลอญ เป็นต้น ในตำราแพทย์แผนไทยมีการใช้ใบมะกรูดเป็นยาขับลมในลำไส้และแก้คลื่นเหียน ผิวมะกรูดใช้ขับลมในลำไส้ ขับระดู และเป็นส่วนผสมของยาลมแก้จุกเสียด เป็นต้น



รูปที่ 2.5 มะกรูด [19]

2.4 วัสดุให้กลิ่น

2.4.1 พิมเสน [20]

พิมเสนเป็นเกล็ดเล็กๆ ที่มีสีขาวขุ่นหรือสีแดงเรื่อๆ มีกลิ่นหอมเย็น ชุน เนื้อแน่นกว่าการบูร แต่ระเหิดได้ช้ากว่าการบูร ติดไฟให้แสงจ้าและมีควันมาก ไม่มีขี้เถ้า ความถ่วงจำเพาะ 1.011 พิมเสนมีสูตรทางเคมี $C_{10}H_{18}O$ มีชื่อทางเคมีว่า (+) บอร์นีออล หรือ เอนโด-2-แคมฟานอล หรือ เอนโด-2-ไฮดรอกซี-แคมฟิน พิมเสนบริสุทธิ์จะเป็นผลึกรูปแผ่นหกเหลี่ยม มีจุดหลอมตัว 208°C เกือบไม่ละลายในน้ำ ละลายได้ในปิโตรเลียมอีเทอร์ (1:6) ในเบนซิน (1:5)

พิมเสนมิชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น ภิมเสน ภิมนเสน พิมเสนเกล็ด พิมเสนตรังกานู พรหมเสน มีชื่อสามัญว่า Borneo camphor ในธรรมชาติพบพิมเสนแทรกอยู่ในเนื้อไม้ของพืชในสกุล

Dryobalanops วงศ์ Dipterocarpaceae แต่ที่ให้พิมเสนมากและคุณภาพดี คือ ชนิด ที่มีชื่อพฤกษศาสตร์ว่า Dryobalanops aromatic Gaertn. ซึ่งขึ้นในรัฐตรังกานู ประเทศมาเลเซีย

พืชชนิดนี้ (Dryobalanops aromatic Gaertn) เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ อาจสูงได้ถึง 70 m มีพุ่มหนาแน่นมาก วัดโดยรอบลำต้นได้ 2-10 m เปลือกเรียบเรียบเนียนเป็นรูปฉัตร มีกิ่งก้านสาขา ใหญ่ ปลายกิ่งตก ยอดทรงแหลม ใบเป็นใบเดี่ยว ใบที่อยู่ตอนบนของต้นนั้นเรียงสลับกัน ส่วนใบที่อยู่ ตอนล่างของต้นออกตรงกันข้ามรูปไข่ ค่อนข้างรีเว้าแหลมสู่ปลายใบ ขนาดกว้าง 2.5-5 cm ยาว 7.5-17.8 cm ขอบใบเรียบ ผิวใบเรียบ ก้านใบสั้น ใบอ่อนสีแดงและห้อย ดอกออกรวมเป็นดอกช่อกระจุก ออกที่ปลายกิ่งหรือซอกใบ ดอกย่อยมีขนาดเล็ก มีกลิ่นหอม

แพทย์โบราณใช้พิมเสนเป็นยาขับเหงื่อ ขับเสมหะ กระตุ้นการหายใจ กระตุ้นสมอง บำรุงหัวใจ ใช้เป็นยาระงับกระวนกระวาย ทำให้ง่วงซึม

สารสำคัญในพิมเสนประกอบด้วย α -pinene, β -pinene, β -patchoulene, β -caryophyllene, α -guaiene, α -humulene, seychellene, α -patchoulen, patchouli alcohol selinene, patchouli alcohol และ Borneol



รูปที่ 2.6 พิมเสน [21]

2.4.2 การบูร [20]

การบูรเป็นผลึกที่แทรกอยู่ในเนื้อไม้ของพืชอันมีชื่อพฤกษศาสตร์ว่า Cinnamomum camphora (L.) J.Presl มีชื่อพ้องว่า Camphora officinarum Nees และ Laurus camphora L. ในวงศ์ Lauraceae

คำ การบูร มาจากภาษาสันสกฤตว่า karapur หรือ กรปุร ซึ่งแปลว่าหินปูน เพราะคนโบราณเข้าใจว่าของนี้เป็นพวกหินปูนที่มีกลิ่นหอม ต่อมาชื่อนี้เพี้ยนเป็น กรบูร และเป็น การบูร ในปัจจุบัน ต้นการบูรเป็นพืชพื้นเมืองของประเทศจีน ญี่ปุ่น และไต้หวัน แต่ในปัจจุบันนี้มีการนำไปปลูกในหลายๆ ประเทศ

การบูรเป็นไม้ต้นขนาดใหญ่ สูง 10-15 m ลำต้นและกิ่งเรียบ ทุกส่วนมีกลิ่นหอม โดยเฉพาะที่รากและโคนต้น ใบมีเกล็ดซ้อนเหลื่อมหุ้มอยู่ เกล็ดชั้นนอกเล็กกว่าเกล็ดชั้นในตามลำดับ ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับกันรูปไข่ รูปไข่กว้าง หรือรูปรี ปลายเรียวแหลม โคนใบสอบ ขอบใบเรียบ แผ่นใบค่อนข้างเหนียว ด้านบนเป็นมัน ด้านล่างเป็นนวล ดอกออกรวมเป็นช่อแบบแยกแขนง ออกตามซอกใบ ใบประดับเรียวยาว ร่วงง่าย มีขนอ่อนนุ่ม ดอกเล็กสีเหลืองอ่อน ก้านดอกสั้นมาก กลีบรวมมี 6 กลีบ รูปรี ปลายมน โคนติดกันเป็นหลอดสั้นๆ ด้านในมีขนอ่อนนุ่ม ผลเป็นผลมีเนื้อขนาดเล็ก รูปค่อนข้างกลม สีเขียวเข้ม แต่จะเปลี่ยนเป็นสีดำเมื่อแก่ มีเมล็ด 1 เมล็ด

แพทย์โบราณใช้การบูรแก้เคล็ดบวม ชัดยอกแผลง แก้พิษแมลงต่อย และโรคผิวหนังเรื้อรัง นอกจากนี้ยังใช้เป็นยาระงับเชื้ออย่างอ่อน เป็นยากระตุ้นหัวใจ ขับลม ขับเสมหะ ขับปัสสาวะ แก้ปวด ผสมในยาทาถอนปวดแก้ปวดตามข้อ

สารสำคัญในการบูรประกอบด้วย Alcanfor, α -bisabolol, β -bisabologeraniol, borneol, borneol acetate, butyrolactone, 2-(3-4-methoxy-benzyl)-3-4-5-(-)-trimethoxy-benzyl), cadinenol, camphene, campherenol, canpherenone, camphor, carvacrol, cineol, cinnamic alcohol, coumaric acid, dotriacontanyl ester, cresol, cubenol, cyclopenten-2-one, 4-hydroxy-4-methyl-5-dodecanyl, daucosterol, dipentane, dotriaconatan-1-ol, eugenol, flavan, 3-hydroxy-5-7-dimethoxy-3-4-methylenedioxy, gentisic acid, junenol, kusunokinin, kusunol, limonene, linalool, matairesinol dimethyl ether, muurolol, naphthalene, 2-3-methylenedioxy, nroolidol, octa-1-5-dien-3-7-diol, 3-7-dimethyl, octa-1-7-dien-3-6-diol, 3-7-dimethyl, pinene, piperitol, proanthocyanidin A-1, reticuline, safrole, sesamin, α -sitosterol, β -terpineol และ xanthoxylol [8]



รูปที่ 2.7 การบูร [22]

2.4.3 ตะไคร้หอม [13]

ตะไคร้ มีชื่อเรียกอื่นๆตามภาษาท้องถิ่นว่า จะไคร (ภาคเหนือ) ไคร (ภาคใต้) คาหอม (แม่ฮ่องสอน) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cymbopogon citrates* (DC.) Stapf จัดอยู่ในวงศ์ Graminae

2.4.3.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ตะไคร้เป็นพืชที่มีอายุหลายปี ลำต้นรวมกันเป็นกอ ใบยาวเรียวปลายแหลมสีเขียวใบไม้ดอกเทา มีกลิ่นหอมตะไคร้ มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินโดนีเซีย ศรีลังกา พม่า อินเดีย ไทย และทวีปอเมริกาใต้

โดยทั่วไปแบ่งตะไคร้ออกเป็น 6 ชนิด ได้แก่ ตะไคร้ต้น ตะไคร้หางนาค ตะไคร้ น้ำ ตะไคร้หางสิงห์ ตะไคร้หอม ตะไคร้เป็นพืชตระกูลหญ้า เจริญเติบโตง่าย อาจมีทรงพุ่มสูงถึง 1 m มีลำต้นที่แท้จริงประมาณ 4-7 cm ลำของต้นจะถูกห่อหุ้มไปด้วยกาบใบโดยรอบ ใบยาวแคบ เส้นใบขนานกับก้านใบ ใบของตะไคร้อุดมไปด้วยน้ำมันหอมระเหย

ส่วนที่ใช้เป็นยา ผล เกือบเหง้าและลำต้นแก่ใช้ส่วนของเหง้าและลำต้นแก่

2.4.3.2 สรรพคุณทางยา ทั้งต้นตะไคร้ มีสรรพคุณในการแก้หวัด ปวดศีรษะ ไอ แก้ท้องอืดท้องเฟ้อ แน่นจุกเสียด ขับลมในลำไส้ บำรุงไฟธาตุทำให้เจริญอาหาร แก้ปวดกระเพาะอาหาร แก้ท้องเสีย แก้ปวดข้อ ปวดเมื่อย ฟกช้ำจากการหกล้ม ขาบวม น้ำ แก้โรคทางเดินปัสสาวะ นิ่ว ขับปัสสาวะ ประจำเดือนมาผิดปกติ แก้ปัสสาวะเป็นเลือด แก้โรคหืด

1) รากตะไคร้ มีสรรพคุณในการแก้เสียดแน่น แสบบริเวณหน้าอก ปวดกระเพาะอาหารและขับปัสสาวะ บำรุงธาตุไฟ ขับปัสสาวะ แก้นิ่ว แก้ปัสสาวะพิการ รักษาเกลื้อน แก้อาการขัดเบา

2) ใบสด มีสรรพคุณช่วยลดความดันโลหิตสูง แก้ไข้

3) ต้น มีสรรพคุณเป็นยาขับลม แก้ผมแตกปลาย เป็นยาช่วยให้ลมแบ่งขณะคลอตุลก ใช้ดับกลิ่นคาว เพื่อบำรุงธาตุไฟให้เจริญ แก้อาการท้องอืด ปัสสาวะพิการ แก้หนองใน

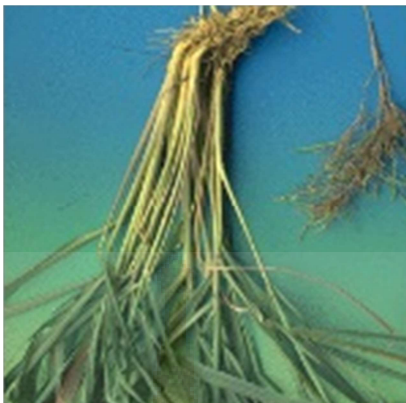
นอกจากนี้ตะไคร้ยังสามารถดับกลิ่นคาวของปลาและเนื้อสัตว์ต่างๆได้ ช่วยบำรุงสมอง ช่วยให้สมาธิดี น้ำมันตะไคร้หอมใช้ทาทั่วร่างกายได้ ถ้าปลุกไล่ยุงอื่นๆ จะช่วยกันแมลงได้

2.4.3.3 สารเคมี : ส่วนใบจะมีน้ำมันหอมระเหยประมาณ 0.4-0.8% ประกอบด้วย Citral ประมาณ 75-85% Citronellal Geraniol Methylheptenone เล็กน้อย Eugenol และ Methylheptenol

ราก – มี อัลคาลอยด์ 0.3%

ในประเทศไทยพบว่า มะเร็งลำไส้ใหญ่ จะเกิดได้ในเพศชายมากกว่าเพศหญิง โดยเฉลี่ยอายุมากกว่า 50 ปี สาเหตุเกิดมาจากพันธุกรรมหรือเกิดการอักเสบภายในลำไส้ใหญ่ ซึ่งรวมไปถึงริดสีดวงทวารหนัก ซึ่งอาจทำให้กลายเป็นมะเร็งลำไส้ใหญ่ส่วนปลายได้ และจะพบว่าในทวีปเอเชีย จะน้อยกว่าทวีปยุโรปและอเมริกาเนื่องจากทวีปเอเชียมีการบริโภคอาหารที่เป็นพืชผักมากกว่าทวีปอื่นๆ ซึ่งอาหารเหล่านี้มีคุณสมบัติต้านมะเร็ง สามารถกำจัดสารก่อมะเร็งได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ตระหนักถึงข้อเท็จจริงดังกล่าวจึงให้ทุนอุดหนุนการวิจัยแก่ รศ.ดร.อุษณีย์ วิจิตรเขตคำนวน และคณะ จากภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำการวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์หาสารต้านมะเร็งลำไส้ใหญ่จากตะไคร้” ผลการวิจัยพบว่า สารสกัดจากตะไคร้ที่ละลายในเฮกเซนยังยับยั้งมะเร็งได้โดยสารสกัด 2 ชนิดจากตะไคร้คือ citral และ geraniol มีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญที่ต้านมะเร็งและยังมีสารจำพวก terpenoid ที่มีศักยภาพต้านมะเร็งได้ดีเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ตะไคร้ยังมีคุณสมบัติที่สามารถลดระดับโคเลสเตอรอลได้อีกด้วย แต่ทั้งนี้จะต้องผ่านกระบวนการสกัดการแยกองค์ประกอบทางเคมีก่อน



รูปที่ 2.8 ตะไคร้หอม [23]

2.5 วัสดุขึ้นรูป

2.5.1 กานพลู [24]

ชื่อวิทยาศาสตร์ *syzygium aromaticum* (Linn.) Merr. Et Perry วงศ์ MYRTACEAE

2.5.1.2 ลักษณะ ไม้ยืนต้น สูง 5-10 m แตกกิ่งก้านสาขาเป็นระเบียบ ใบเดี่ยว เรียงตรงข้าม รูปวงรีหรือรูปใบหอก มีจุดต่อมน้ำมัน กว้าง 2.5-4 cm ยาว 6-10 cm ขอบเป็นคลื่น ใบอ่อน สีแดงหรือน้ำตาลแดง เนื้อใบบางค่อนข้างเหนียว ผิวมัน ดอกช่อ ออกที่ซอกใบ ดอกอ่อนสีเขียว เมื่อแก่เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม กลีบดอกสีขาว แบนร่วนง่าย กลีบเลี้ยงและฐานดอกสีแดงหนาแข็ง ผลเป็นผลสดรูปไข่ จะเก็บระยะที่ดอกเริ่มเปลี่ยนเป็นสีแดง ตากแดดจนเป็นสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นเฉพาะและรสเผ็ดร้อน

2.5.1.3 สารสำคัญ น้ำมันหอมระเหยที่กลั่นจากดอกเรียกว่า น้ำมันกานพลู (clove oil) มีส่วนประกอบสำคัญเป็น eugenol นอกจากนี้ยังพบ methyl salicylate, flavonoids, kaempferol และ sitosterols ด้วย

2.5.1.4 สรรพคุณ ใช้ดอกตูมแห้ง ขับลม แก้ท้องอืดเฟ้อ แก้ท้องเสีย พบว่าน้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ ทำให้อาการปวดท้องลดลง ขับน้ำดี ทำให้การย่อยอาหารดีขึ้น ช่วยลดอาการจุกเสียดที่เกิดจากการย่อยไม่สมบูรณ์และสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียในทางเดินอาหารหลายชนิด เช่น เชื้อโรครไทฟอยด์ บิดชนิดไม่มีตัว เป็นต้น นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้มีการหลั่งเมือกและลดความเป็นกรดในกระเพาะอาหารด้วย



รูปที่ 2.9 กานพลู [25]

2.5.2 อบเชย [20]

อบเชยเป็นเปลือกต้นของพืชพวกอบเชย อันเป็นพืชในสกุล *Cinnamomum* ในวงศ์ Lauraceae หลายชนิด

2.5.2.1 ลักษณะ พืชชนิดนี้เป็นไม้ต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูง 15-20 m เปลือกสีน้ำตาลอมเทาค่อนข้างเรียบ เกลี้ยง เปลือกและใบมีกลิ่นหอม ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงตรงกันข้ามหรือเยื้องกันเล็กน้อย รูปขอบขนาน กว้าง 2.5-7.5 cm ยาว 7.5-25 cm ปลายใบมน แแหลม หรือเรียวแหลม โคนใบแหลม ขอบใบเรียบ เนื้อใบหนา เกลี้ยง แข็ง และกรอบ ก้านใบยาวราว 0.5 cm ดอกออกเป็นช่อแบบกระจายที่ปลายกิ่ง ยาว 10-25 cm ก้านช่อยาว 5-15 cm ดอกย่อยมีขนาดเล็ก มีสีเหลืองอ่อน หรือสีเขียวอ่อน ผลมีขนาดเล็ก รูปขอบขนานยาวราว 1 cm แข็ง ตามผิวมีคราบสีขาวๆ มีเมล็ดเดียว มีฐานรองผลรูปถ้วย

2.5.2.2 สรรพคุณ ตำรายาสรรพคุณโบราณว่า อบเชยมีกลิ่นหอม รสสุขุม มีสรรพคุณบำรุงดวงจิต แก้อ่อนเพลีย ชูกำลัง ขับลมผาย บำรุงธาตุ แก้บิด แก้ไข้สันนิบาต ใช้ปรุงเป็นยานัตถ์ แก้ปวดหัว



รูปที่ 2.10 อบเชย [26]

2.5.3 ยางบง [20]

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Persea kurzii*

ชื่อวงศ์ : LAURACEAE

ชื่ออื่นๆ : บงปง มง หมี ยางบง

2.5.3.1 ลักษณะ ไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ความสูงประมาณ 10 – 15 m ใบมีขนาดกลางเป็นรูปไข่โคนเรียวปลายใบแหลม ผลีออกจากกิ่งสลับกัน เนื้อใบหนา แสดงลักษณะอูมน้ำมาก มีเส้นใบ 7 – 11 คู่ ดอกเป็นช่อ ออกที่ปลายกิ่ง ผล กลมเล็กคล้ายผลหว่า มีเยื่อหุ้มผล เมล็ดมีเมล็ดเดี่ยว

การกระจายพันธุ์ : พบขึ้นอยู่ในป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรังเป็นไม้ที่ไม่ผลัดใบ มีมากในบางจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยเฉพาะในแถบที่มีฝนตกชุกมากๆ แถบจังหวัดมุกดาหาร นครพนม อุบลราชธานี และบางท้องที่ในภาคเหนือ

2.5.3.2 ประโยชน์ เนื้อไม้เหมาะสำหรับใช้ในการทำเครื่องมือเครื่องใช้และใช้ทำเชื้อเพลิง เปลือกนำไปทำรูปและผสมสารกัมมะถันทำยากันยุงได้ ยางใช้อุดรอยรั่ว



รูปที่ 2.11 ยางบก [27]

2.6 แผนแบบการทดลองแบบจัตุรัสลาติน (Latin Square Design) [28]

แผนแบบการทดลองแบบจัตุรัสลาติน (Latin Square Design) หรือเรียกย่อๆว่า LTD หรือ LS

เนื่องจากหน่วยทดลองไม่มีความสม่ำเสมอ ซึ่งเกิดจากสาเหตุหรือปัจจัยหลัก 2 สาเหตุ โดยที่สาเหตุทั้งสองนั้นไม่สัมพันธ์กันหรือสัมพันธ์กันน้อยมาก เนื่องจากมีสาเหตุหรือปัจจัยถึงสองสาเหตุที่ทำให้หน่วยทดลองไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงทำการจัดกลุ่มหน่วยทดลองตามลักษณะของสาเหตุดังกล่าว จึงเป็นการจัดกลุ่มแบบสองทาง (double grouping)

ในการวางแผนแบบลาตินสแควร์ จัดทริทเมนต์ในบล็อกเป็น 2 ทาง คือ ทางแนวนอน (row) และแถวตั้ง (column)

ตารางที่ 2.2 ตารางลาตินสแควร์มาตรฐานแบบ 4×4

A	B	C	D
B	C	D	A
C	D	A	B
D	A	B	C

แต่ละทริทเมนต์จะปรากฏเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ในแต่ละแถวนอนและแถวตั้ง เป็นบล็อกสมบูรณ์ คือ มีทุกทริทเมนต์ โดยวิธีการวิเคราะห์นี้สามารถเห็นถึงความแตกต่างเนื่องจากแถวนอนและแถวตั้งออกจากความคลาดเคลื่อนได้

ABCD	BCDA	CDAB	DABC
------	------	------	------

ในการทดลองทั่วไป แถวนอนและแถวตั้งอาจเป็นแหล่งความแปรปรวนอันเนื่องจากสิ่งใดสิ่งหนึ่งก็ได้ จะใช้คำว่า row และ column เป็นคำเรียกทั่วไป การวางแผนแบบนี้ใช้ได้กรณีที่ไม่มี interaction (อิทธิพลร่วม) ระหว่าง row และ column และทริทเมนต์

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผลิตอาหารเม็ดด้วยตัวยัดประสานที่แตกต่างกัน : ผลกระทบต่อเสถียรภาพของน้ำและผลที่ได้จากการให้อาหารกับกุ้งอนุบาลสายพันธุ์ [29] โดย M.G. Volpe และคณะ ได้ศึกษาการใช้โพลีแซกคาไรด์จากธรรมชาติ (เพกติน อัลจิเนต และไคโตซาน) เป็นสารที่ใช้ในการสร้างอาหารเม็ดของอาหารกุ้ง พบว่าเพกตินและไคโตซานให้ผลดีที่สุด โดยผลงานวิจัยดังกล่าวได้ตีพิมพ์ในวารสาร Aquaculture เมื่อเดือน ม.ค. 2555 การหาสารให้กลิ่นในเมล็ดข้าว โดย Damjan Janes และคณะ ด้วยเครื่อง GC-MS ซึ่งสกัดสารในเมล็ดข้าวด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ เพ้นเทนเมทานอล จากนั้นวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าสารให้กลิ่นในเมล็ดข้าว คือ 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone (E,E)-2,4-decadienal hexanal decanal phenylacetaldehyde 2-methoxy-4-vinylphenol (E)-2-nonenal hexanal และสารสุดท้าย คือ salicylaldehyde (2-hydroxybenzaldehyde) [30] โดยผลงานวิจัยดังกล่าวได้ตีพิมพ์ในวารสาร Food Chemistry เมื่อเดือน ม.ค. 2552

บทที่ 3

วิธีการทำวิจัย

วิธีการทดลอง อุปกรณ์ สารเคมีและการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ การหาความหนาแน่นของลูกหอม การหาค่าร้อยละของการระเหิด มีรายละเอียดดังนี้

3.1 วิธีการทดลอง

3.1.1 อุปกรณ์

1. ปีกเกอร์ขนาด 600 ml จำนวน 16 ใบ
2. ช้อนตักสาร (spatula)
3. แผ่นกระดาษอลูมิเนียม
4. พาราฟิล์ม
5. เครื่องให้ความร้อน (hot plate)
6. ครกหิน

3.1.2 วัสดุดิบ

1. เปลือกส้มโอ
2. เปลือกมะกรูด
3. เปลือกมะนาว
4. เปลือกส้มซ่า
5. พิมเสน
6. การบูร
7. ยางบง
8. กานพลู
9. อบเชย
10. ตะไคร้หอม

3.1.3 เครื่องมือ

1. กล้องจุลทรรศน์ ยี่ห้อ OPTIKA รุ่น VR-F6BL
2. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส ยี่ห้อ Lloyd รุ่น TA 500.1
3. เครื่อง GC-MS ยี่ห้อ Agilent Technologies รุ่น 689ON

3.1.4 ขั้นตอนการทำ

ทำการทดลองศึกษาวิธีการทำลูกหอมสมุนไพรเพื่อหาภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำลูกหอมสมุนไพร โดยการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ซึ่งศึกษาผลของตัวแปร 3 ตัว คือ พืชให้สารเหนียว อัตราส่วนของวัสดุขึ้นรูประหว่าง ผงกานพลู : ผงอบเชย : ผงยางบัง และอัตราส่วนของวัสดุให้กลิ่นระหว่าง พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

วิธีทำลูกหอมสมุนไพร ยกตัวอย่างการทดลองภาวะที่ 1 โดยใช้เปลือกมะกรูดที่อัตราส่วนวัสดุให้กลิ่น คือ พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม (1:1:1) อย่างละ 50 g และ อัตราส่วนวัสดุขึ้นรูประหว่างผงกานพลู : ผงอบเชย : ผงยางบัง (1:1:0.125) (จากตารางที่ 3.1) โดยน้ำหนักของผงกานพลูและผงอบเชยอย่างละ 50 g น้ำหนักผงยางบัง 6.25 g ขึ้นรูปตัวอย่างละ 10 g ได้ทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

3.1.4.1 จัดหาวัตถุดิบซึ่งใช้สำหรับทำลูกหอมสมุนไพร คือ เปลือกส้มโอ เปลือกมะกรูด เปลือกมะนาว และเปลือกผิวส้มซ่า โดยปอกเปลือกวัตถุดิบตามแนวยาว ระวังไม่ให้มีเปลือกสีขาวติดมาก

3.1.4.2 ชั่งน้ำหนักเปลือกส้มโอ โดยแบ่งเปลือกแต่ละชนิดเป็น 4 ส่วน ส่วนละ 112.5 g

3.1.4.3 ต้มเปลือกส้มโอ อย่างละ 112.5 g ให้เดือดโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 100 °C เป็นเวลา 15 นาที

3.1.4.4 บดเปลือกส้มโอที่การผ่านการต้ม

3.1.4.5 นำเปลือกส้มโอผสมกับพิมเสนและการบูรตามที่ได้กำหนดไว้ดังตารางที่ 3.1 แล้วตามลำดับ จากนั้นเก็บโดยใช้ระยะเวลา 1 เดือน ดังรูป 3.1 – 3.4

3.1.4.6 ทำการทดลองซ้ำตามข้อที่ 3.1.4.2 – 3.1.4.5 โดยเปลี่ยนวัตถุดิบเป็นเปลือกมะกรูด เปลือกมะนาว และเปลือกส้มซ่า

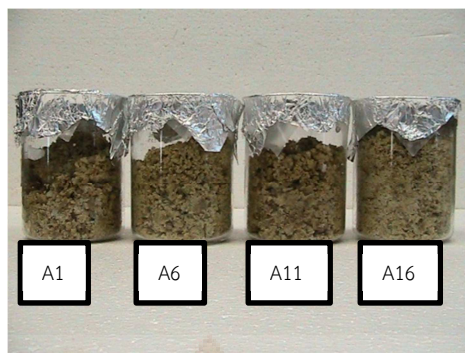
ตารางที่ 3.1 ภาพในการทำลูกหอมสมุนไพรโดยการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

อัตราส่วนวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหินียว			
	อัตราส่วนวัสดุให้กลิ่น กานพลู : อบเชย : ยางงู			
	1:1:0.125	1:1:0.250	1:1:0.375	1:1:0.500
1:1:1	เปลือกมะกรูด (A1)	เปลือกส้มโอ (A2)	เปลือกส้มซ่า (A3)	เปลือกมะนาว (A4)
0:2:1	เปลือกมะนาว (A5)	เปลือกมะกรูด (A6)	เปลือกส้มโอ (A7)	เปลือกส้มซ่า (A8)
2:0:1	เปลือกส้มซ่า (A9)	เปลือกมะนาว (A10)	เปลือกมะกรูด (A11)	เปลือกส้มโอ (A12)
1.5:1.5:0	เปลือกส้มโอ (A13)	เปลือกส้มซ่า (A14)	เปลือกมะนาว (A15)	เปลือกมะกรูด (A16)



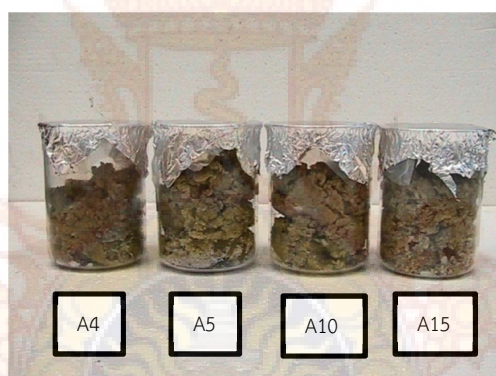
รูปที่ 3.1 เปลือกส้มโอผสมกับพิมเสนและการบูร

โดย A2	ประกอบด้วยเปลือกส้มโอ	112.5 g	พิมเสน	50 g	การบูร	50 g
A7	ประกอบด้วยเปลือกส้มโอ	112.5 g	การบูร	100 g		
A12	ประกอบด้วยเปลือกส้มโอ	112.5 g	พิมเสน	100 g		
A13	ประกอบด้วยเปลือกส้มโอ	112.5 g	พิมเสน	150 g	การบูร	150 g



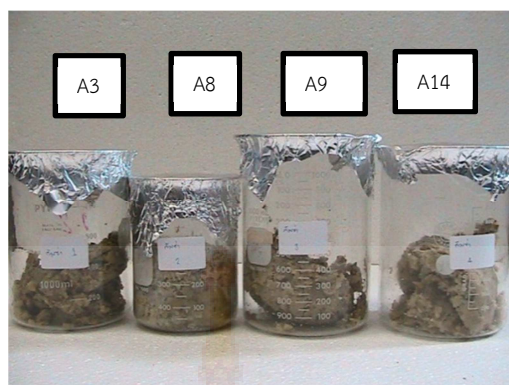
รูปที่ 3.2 เปลือกมะกรูดผสมกับฟิมเสนและการบุง

โดย A1	ประกอบด้วยเปลือกมะกรูด	112.5 g	ฟิมเสน	50 g	การบุง	50 g
A6	ประกอบด้วยเปลือกมะกรูด	112.5 g	การบุง	100 g		
A11	ประกอบด้วยเปลือกมะกรูด	112.5 g	ฟิมเสน	100 g		
A16	ประกอบด้วยเปลือกมะกรูด	112.5 g	ฟิมเสน	150 g	การบุง	150 g



รูปที่ 3.3 เปลือกมะนาวผสมกับฟิมเสนและการบุง

โดย A4	ประกอบด้วยเปลือกมะนาว	112.5 g	ฟิมเสน	50 g	การบุง	50 g
A5	ประกอบด้วยเปลือกมะนาว	112.5 g	การบุง	100 g		
A10	ประกอบด้วยเปลือกมะนาว	112.5 g	ฟิมเสน	100 g		
A15	ประกอบด้วยเปลือกมะนาว	112.5 g	ฟิมเสน	150 g	การบุง	150 g



รูปที่ 3.4 เปลือกส้มซ่าผสมกับพืมนเสนและการบูร

โดย A3	ประกอบด้วยเปลือกส้มซ่า	112.5 g	พืมนเสน	50 g	การบูร	50 g
A8	ประกอบด้วยเปลือกส้มซ่า	112.5 g	การบูร	100 g		
A9	ประกอบด้วยเปลือกส้มซ่า	112.5 g	พืมนเสน	100 g		
A14	ประกอบด้วยเปลือกส้มซ่า	112.5 g	พืมนเสน	150 g	การบูร	150 g

3.1.4.7 ผสมยางbung กานพลู อบเชย และตะไคร้หอม กับเปลือกส้มโอ เปลือกมะกรูด เปลือกมะนาว และเปลือกส้มซ่า ตามลำดับ ซึ่งผสมกับพืมนเสนและการบูรไว้แล้ว ตามตารางที่ 3.1 แล้วขึ้นรูปโดยการปั้นเป็นลูกหอมสมุนไพรทรงกลม

3.1.4.8 วิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ

- 1) วิเคราะห์ความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพร
- 2) วิเคราะห์ร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพร
- 3) วิเคราะห์ความแข็งของลูกหอมสมุนไพรด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส
- 4) วิเคราะห์ปริมาณสารลูกหอมสมุนไพรด้วยเทคนิคของแก๊สโครมาโทกราฟี-

แมสสเปกโตร

- 5) วิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค รอยแตกร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์

3.2 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

เนื่องจากการทดลองนี้มี 3 ตัวแปร ซึ่งน่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพของลูกหอมสมุนไพร คือ ชนิดของพืชให้สารเหนียว อัตราส่วนวัสดุขึ้นรูป และอัตราส่วนให้กลิ่น โดยแต่ละชนิดพืชให้สารเหนียว อัตราส่วนวัสดุขึ้นรูปและอัตราส่วนให้กลิ่น มี 4 ค่า โดยเมื่อคำนวณแล้วพบว่า ต้องทำการทดลองทั้งหมด 64 ครั้ง ซึ่งใช้ระยะเวลายาวนาน ดังนั้นจึงใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ ทำให้การทดลองคงเหลือเพียง 16 ครั้ง ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ใช้การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์นี้ เนื่องจากมี 3 ตัวแปร ซึ่งสามารถจัดแผนการทดลองเข้ากับแบบดังกล่าวได้ดังตารางที่ 3.1

อัตราส่วนสำหรับการทำลูกหอมสมุนไพรโดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

- อัตราส่วนวัสดุขึ้นรูประหว่าง ผงกานพลู : ผงอบเชย : ผงยางบง ได้แก่ 1:1:0.125, 1:1:0.250, 1:1:0.375 และ 1:1:0.500
- อัตราส่วนให้กลิ่นระหว่าง พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม ได้แก่ 1:1:1, 0:2:1, 2:0:1 และ 1.5:1.5:0
- พืชให้สารเหนียว ได้แก่ เปลือกมะกรูด เปลือกส้มโอ เปลือกส้มซ่า และเปลือกมะนาว

3.3 ศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพร

ศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพรที่ทำขึ้นจากภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยวางทิ้งไว้บรรยากาศและเก็บไว้ในถุงปิดสนิทเป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 เดือน แล้ววิเคราะห์ปริมาณสารที่ระเหยออกมาจากลูกหอมสมุนไพร ด้วยเทคนิคแมสสเปกโตรแก๊สโครมาโทกราฟี

3.4 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ลูกหอมสมุนไพร

ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ลูกหอมสมุนไพรที่ทำขึ้นด้วยแบบสอบถาม มีคะแนนความพึงพอใจ 5 ระดับ

บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

บทนี้จะกล่าวถึงผลการทำลูกหอมสมุนไพร จากการออกแบบการทดลองโดยกำหนดเงื่อนไขการทดลองแบบตารางลาตินสแควร์ ตัวแปรที่ศึกษาคืออัตราส่วนวัสดุขึ้นรูป อัตราส่วนวัสดุให้กลิ่น และพีชให้สารเหนียว ผลการคำนวณทางสถิติจากค่าที่วิเคราะห์ได้ คือ ความหนาแน่น ร้อยละการระเหิด ค่าความแข็งของลูกหอมสมุนไพร ปริมาณสารในลูกหอมสมุนไพร ตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพร นอกจากนี้ยังศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพร และศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ลูกหอมสมุนไพร

4.1 ลักษณะของลูกหอมสมุนไพร

ทำการทดลองศึกษาวิธีการทำลูกหอมสมุนไพรเพื่อหาภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำลูกหอมสมุนไพร โดยการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ ซึ่งศึกษาผลของตัวแปร 3 ตัว คือ พีชให้สารเหนียว อัตราส่วนของวัสดุขึ้นรูประหว่าง ผงกานพลู : ผงอบเชย : ผงยางบัง และอัตราส่วนของวัสดุให้กลิ่นระหว่าง พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม รายละเอียดดังตารางที่ 3.1 ได้ลูกหอมดังรูปที่ 4.1

4.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทำลูกหอมสมุนไพร ได้แก่

4.1.1.1 เลือกผลไม้ต่างๆ เช่น เปลือกส้มโอ เปลือกมะกรูด เปลือกมะนาว และเปลือกส้มซ่า

4.1.1.2 วัสดุให้กลิ่น เช่น พิมเสน การบูร และตะไคร้หอม

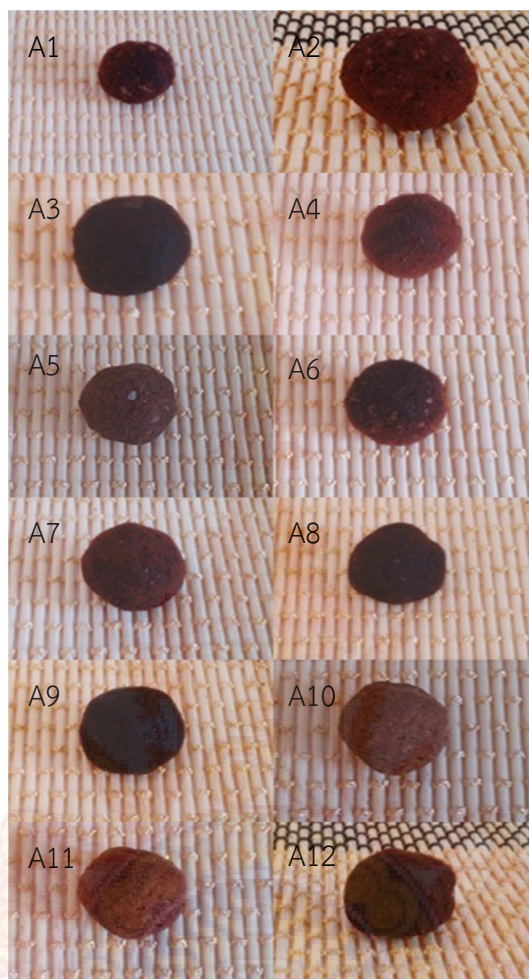
4.1.1.3 วัสดุขึ้นรูป เช่น ผงกานพลู ผงอบเชย และผงยางบัง

4.1.2 อัตราส่วนที่ใช้ในการทำลูกหอมสมุนไพร

4.1.2.1 อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นระหว่างพิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม คือ 1:1:1, 0:2:1, 2:0:1 และ 1.5:1.5:0

4.1.2.2 อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูประหว่างผงกานพลู : ผงอบเชย : ผงยางบัง คือ 1:1:0.125, 1:1:0.250, 1:1:0.375 และ 1:1:0.500

4.1.3 ภาพของลูกหอมสมุนไพร



รูปที่ 4.1 ลูกหอมสมุนไพรที่การทดลองต่างๆ

จากรูปที่ 4.1 ลูกหอมสมุนไพรที่การทดลองต่างๆ คือ ตั้งแต่ A1-A12 โดยภาพรวม คือ ผิวสีน้ำตาล ผิวขรุขระ มีกลิ่นหอม

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่น ค่าร้อยละการระเหิด ค่าความแข็ง และปริมาณสารในลูกหอมสมุนไพร จากการทดลองแบบตารางลาตินสแควร์

การทำลูกหอมสมุนไพร จะใช้อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูประหว่าง ผงกานพลู : ผงอบเชย : ผงยางบง เป็น 1:1:0.125, 1:1:0.250, 1:1:0.375 และ 1:1:0.500 อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นระหว่าง พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม เป็น 1:1:1, 0:2:1, 2:0:1 และ 1.5:1.5:0 โดยใช้พีซีให้สารเหนียวคือสั้ม

โอมะกรุด มะนาว และส้มซ่า โดยข้อมูลที่ได้จากการทดลองระบุในภาคผนวก ก และเมื่อทดลองหาค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรมานี้ จะได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความหนาแน่น (g/cm^3) ของลูกหอมสมุนไพรมานี้ตามชนิดผิวผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วนวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว			
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง			
	1:1:0.125	1:1:0.250	1:1:0.375	1:1:0.500
1:1:1	1.24	1.34	1.21	2.89
0:2:1	1.29	1.36	2.01	1.25
2:0:1	1.21	1.34	1.30	1.24
1.5:1.5:0	0.00	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ ค่า 0.00 การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปลูกหอมสมุนไพรมานี้ได้

จากตารางที่ 4.1 พบว่าการทดลองที่ A4 ที่มีอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นเป็น 1:1:1 อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปเป็น 1:1:0.500 และชนิดพืชให้สารเหนียว คือ มะนาว เป็นการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรมานี้มากที่สุดเนื่องจากการบูรมีความหนาแน่นมากกว่า ทำให้อัตราส่วนที่มีการบูรมีความหนาแน่นสูง เมื่อผสมพิมเสน การบูร และตะไคร้หอม จะทำให้พิมเสนและการบูรละลาย

ตารางที่ 4.2 ค่าร้อยละการระเหิด (%) ของลูกหอมสมุนไพรมานี้ตามชนิดผิวผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วนวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว			
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง			
	1:1:0.125	1:1:0.250	1:1:0.375	1:1:0.500
1:1:1	38.15	37.15	27.60	42.72
0:2:1	50.01	47.37	37.39	26.51
2:0:1	17.30	48.12	37.17	30.80
1.5:1.5:0	0.00	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ ค่า 0.00 การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปลูกหอมสมุนไพรมานี้ได้

จากตารางที่ 4.2 พบว่าการทดลองที่ A5 ที่มีอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นเป็น 0:2:1 อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปเป็น 1:1:0.125 และชนิดพืชให้สารเหนียว คือ มะนาว เป็นการทดลองที่มี

ค่าร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพรมากที่สุดเนื่องจากการบูรมีการระเหิดที่ดีกว่าพิมเสน ทำให้ ร้อยละการระเหิดของอัตราส่วน 0:2:1 มีการระเหิดมากที่สุด และความหนาแน่นของเปลือกมะนาว มีค่าน้อยทำให้สารแทรกซึมเข้าไปในลูกหอมสมุนไพรได้ง่าย

ตารางที่ 4.3 ค่าความแข็งของลูกหอมสมุนไพรตามชนิดผิวผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วนวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว			
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง			
	1:1:0.125	1:1:0.250	1:1:0.375	1:1:0.500
1:1:1	22.43	34.63	36.59	30.36
0:2:1	18.33	16.29	22.16	24.43
2:0:1	67.43	44.68	35.53	58.05
1.5:1.5:0	0.00	0.00	0.00	0.00

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการทดลองที่ A9 ที่มีอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นเป็น 2:0:1 อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปเป็น 1:1:0.125 และชนิดพืชให้สารเหนียว คือ ส้มซ่า เป็นการทดลองที่มีค่าความแข็งของลูกหอมสมุนไพรมากที่สุด เนื่องจากพิมเสนมีความแข็งมากกว่าการบูรจึงทำให้อัตราส่วนวัสดุให้กลิ่นดังกล่าวมีความแข็งมากที่สุด

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรตามชนิดผิวผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วนวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว			
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง			
	1:1:0.125	1:1:0.250	1:1:0.375	1:1:0.500
1:1:1	60.11	14.80	7.97	61.09
0:2:1	76.16	83.77	12.61	9.46
2:0:1	7.09	51.05	37.96	9.69
1.5:1.5:0	0.00	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ ค่า 0.00 การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปลูกหอมสมุนไพรได้

เนื่องจากเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารในลูกหอมสมุนไพรร พบว่าลูกหอมสมุนไพรร A1-A12 ประกอบด้วยสารยูจินอลทั้งหมด และจากตารางที่ 4.4 พบว่าการทดลองที่ A6 ที่มีอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นเป็น 0:2:1 อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปเป็น 1:1:0.250 และชนิดพืชให้สารเหนียว คือ มะกรูด เป็นการทดลองที่มีปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรรมากที่สุด เพราะการบูรมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ยูจินอล มากกว่าในพิมเสนและตะไคร้หอม

4.3 ผลการคำนวณทางสถิติ

วิเคราะห์ลูกหอมสมุนไพรรโดยหาค่าความหนาแน่น ค่าร้อยละการระเหิด ค่าความแข็ง และปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรร แล้วนำค่าที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติและเปรียบเทียบอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างลูกหอมสมุนไพรร ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของความหนาแน่น

Sort of variance (SOV)	F	F _{0.1}
อัตราส่วนของวัสดุให้กลิ่น	9.08*	3.29
อัตราส่วนของวัสดุขึ้นรูป	0.52	3.29
ชนิดพืชให้สารเหนียว	0.68	3.29

จากตารางที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณ (รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.2-1 ข.2-5 และ ข.2-9) กับค่า F_{0.1} ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90 เปอร์เซนต์ (ภาคผนวก ง) พบว่าค่า F ของอัตราโดยวัสดุให้กลิ่นมีค่ามากกว่าค่า F_{0.1} แสดงว่าความแตกต่างของค่าความหนาแน่นเนื่องจากอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปกับชนิดพืชให้สารเหนียวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการวิเคราะห์ขั้นต่อไปจะใช้การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison (รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-1 ข.3-5 และ ข.3-9)

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของค่าความหนาแน่นเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น

Sort of variance (SOV)	F	F _{0.1}
1:1:1vs0:2:1	0.35	3.18
1:1:1vs2:0:1	0.40	3.18
1:1:1vs1.5:1.5:0	27.90*	3.18
0:2:1vs2:0:1	6.25×10^{-5}	3.18
0:2:1vs1.5:1.5:0	21.85*	3.18
2:0:1vs1.5:1.5:0	21.75*	3.18

จากตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณกับค่า F_{0.1} ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90 เปอร์เซนต์ (ภาคผนวก ง) พบว่าค่า F ของคู่อัตราส่วนที่ 1:1:1vs1.5:1.5:0, 0:2:1vs1.5:1.5:0 และ 2:0:1vs1.5:1.5:0 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหมายความว่า อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นดังกล่าวให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรแตกต่างกันมาก

เมื่อเปรียบเทียบชนิดอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น คือ 1:1:1vs1.5:1.5:0, 0:2:1vs1.5:1.5:0 และ 2:0:1vs1.5:1.5:0 ซึ่งแสดงในตารางการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 1:1:1 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.67 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-1)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 0:2:1 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.48 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่น

ของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จาก ภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-1)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 2:0:1 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.27 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-1)

จากการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พบว่าอัตราส่วน 1:1:1 ให้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยมากกว่าอัตราส่วน 0:2:1 อัตราส่วน 2:0:1 และอัตราส่วน 1.5:1.5:0 หมายความว่าอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรสูงสุด

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของร้อยละการระเหิด

Sort of variance (SOV)	F	F _{0.1}
อัตราส่วนของวัสดุให้กลิ่น	62.99*	3.29
อัตราส่วนของวัสดุขึ้นรูป	2.64	3.29
ชนิดพืชให้สารเหนียว	9.99*	3.29

จากตารางที่ 4.7 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณ (รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.2-2 ข.2-6 และ ข.2-10) กับค่า F_{0.1} ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90 เปอร์เซนต์ (ภาคผนวก ง) พบว่าค่า F ของอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นกับชนิดพืชให้สารเหนียวมีค่ามากกว่าค่า F_{0.1} แสดงว่าความแตกต่างของค่าร้อยละการระเหิดเนื่องจากอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นกับชนิดพืชให้สารเหนียวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการวิเคราะห์ขั้นต่อไปจะการใช้การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison (รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-2 ข.3-6 และ ข.3-10)

ตารางที่ 4.8 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของค่าร้อยละการระเหิดเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น

Sort of variance (SOV)	F	F _{0.1}
1:1:1vs0:2:1	0.38	3.18
1:1:1vs2:0:1	0.23	3.18
1:1:1vs1.5:1.5:0	33.11*	3.18
0:2:1vs2:0:1	1.21	3.18
0:2:1vs1.5:1.5:0	40.61*	3.18
2:0:1vs1.5:1.5:0	27.78*	3.18

จากตารางที่ 4.8 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณกับค่า F_{0.1} ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90 เปอร์เซนต์ (ภาคผนวก ง) พบว่าค่า F ของคู่อัตราส่วนที่ 1:1:1vs1.5:1.5:0, 0:2:1vs1.5:1.5:0 และ 2:0:1vs1.5:1.5:0 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหมายความว่า อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 1:1:1vs1.5:1.5:0, 0:2:1vs1.5:1.5:0 และ 2:0:1vs1.5:1.5:0 ให้ผลการทดลองที่มีค่าร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพรแตกต่างกันมาก

เมื่อเปรียบเทียบชนิดอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น คือ 1:1:1vs1.5:1.5:0, 0:2:1vs1.5:1.5:0 และ 2:0:1vs1.5:1.5:0 ซึ่งแสดงในตารางการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 1:1:1 มีค่าร้อยละการระเหิดเฉลี่ยเท่ากับ 36.41 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-2)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 0:2:1 มีค่าร้อยละการระเหิดเฉลี่ยเท่ากับ 40.32 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-2)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 2:0:1 มีค่าร้อยละการระเหิดเฉลี่ยเท่ากับ 33.35 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-2)

จากการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พบว่าอัตราส่วน 0:2:1 ให้ค่าร้อยละการระเหิดเฉลี่ยมากกว่าอัตราส่วน 1:1:1 อัตราส่วน 2:0:1 และอัตราส่วน 1.5:1.5:0 หมายความว่าอัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพรสูงสุด

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความแข็ง

Sort of variance (SOV)	F	F _{0.1}
อัตราส่วนของวัสดุให้กลิ่น	41.38*	3.29
อัตราส่วนของวัสดุขึ้นรูป	0.48	3.29
ชนิดพืชให้สารเหนียว	3.20	3.29

จากตารางที่ 4.9 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณ (รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.2-3 ข.2-7 และ ข.2-11) กับค่า F_{0.1} ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90 เปอร์เซนต์ (ภาคผนวก ง) พบว่าค่า F ของอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นมีค่ามากกว่าค่า F_{0.1} แสดงว่าความแตกต่างของค่าความแข็งเนื่องจากอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการวิเคราะห์ขั้นต่อไปจะการใช้การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison (รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3 ข. 3-7 และ ข.3-11)

ตารางที่ 4.10 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของค่าความแข็งเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วน
โดยวัสดุให้กลืน

Sort of variance (SOV)	F	F _{0.1}
1:1:1vs0:2:1	3.63*	3.18
1:1:1vs2:0:1	13.22*	3.18
1:1:1vs1.5:1.5:0	30.47*	3.18
0:2:1vs2:0:1	30.71*	3.18
0:2:1vs1.5:1.5:0	13.07*	3.18
2:0:1vs1.5:1.5:0	83.84*	3.18

จากตารางที่ 4.10 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณกับค่า F_{0.1} ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90 เปอร์เซนต์ (ภาคผนวก ง) พบว่าค่า F ของทุกคู่อัตราส่วนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหมายความว่า อัตราส่วนทั้งหมดโดยวัสดุให้กลืนให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งของลูกหอมสมุนไพรแตกต่างกันมาก

เมื่อเปรียบเทียบชนิดอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลืน คือ 1:1:1vs0:2:1, 1:1:1vs2:0:1, 1:1:1vs1.5:1.5:0, 0:2:1vs2:0:1, 0:2:1vs1.5:1.5:0 และ 2:0:1vs1.5:1.5:0 ซึ่งแสดงในตารางการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison (รายละเอียดการคำนวณค่าความแข็งเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลืน 1:1:1 มีค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 31.00 มากกว่าอัตราส่วน 0:2:1 เท่ากับ 20.30 ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 0:2:1 (รายละเอียดการคำนวณค่าความแข็งเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลืน 1:1:1 มีค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 31.00 น้อยกว่าอัตราส่วน 2:0:1 เท่ากับ 51.42 ดังนั้นอัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งของลูกหอมสมุนไพร

ดีกว่าอัตราส่วน 1:1:1 (รายละเอียดการคำนวณค่าความแข็งแรงเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลั่น 1:1:1 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 31.00 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าความแข็งแรงเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลั่น 0:2:1 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 20.30 น้อยกว่าอัตราส่วน 2:0:1 เท่ากับ 51.42 ดังนั้นอัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 0:2:1 (รายละเอียดการคำนวณค่าความแข็งแรงเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลั่น 0:2:1 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 20.30 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าความแข็งแรงเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลั่น 2:0:1 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 51.42 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าความแข็งแรงเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

จากการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลั่น พบว่าอัตราส่วน 2:0:1 ให้ค่าความแข็งแรงเฉลี่ยมากกว่าอัตราส่วน 1:1:1 อัตราส่วน 0:2:1 และอัตราส่วน 1.5:1.5:0 หมายความว่าอัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพรสูงสุด

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพร

Sort of variance (SOV)	F	F _{0.1}
อัตราส่วนของวัสดุให้กลิ่น	8.38*	3.29
อัตราส่วนของวัสดุขึ้นรูป	2.82	3.29
ชนิดพืชให้สารเหนียว	10.8*	3.29

จากตารางที่ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณ (รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.2-4 ข.2-8 และ ข.2-12) กับค่า F_{0.1} ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90 เปอร์เซนต์ (ภาคผนวก ง) พบว่าค่า F ของอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นกับชนิดพืชให้สารเหนียว มีค่ามากกว่าค่า F_{0.1} แสดงว่าความแตกต่างของปริมาณสารยูจินอลเนื่องจากอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นกับพืชให้สารเหนียวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการวิเคราะห์ขั้นต่อไปจะใช้การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison (รายละเอียดการคำนวณดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-4 ข.3-8 และ ข.3-12)

ตารางที่ 4.12 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของปริมาณสารยูจินอลเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น

Sort of variance (SOV)	F	F _{0.1}
1:1:1vs0:2:1	0.25	3.18
1:1:1vs2:0:1	0.25	3.18
1:1:1vs1.5:1.5:0	3.60*	3.18
0:2:1vs2:0:1	1.01	3.18
0:2:1vs1.5:1.5:0	5.76*	3.18
2:0:1vs1.5:1.5:0	1.95	3.18

จากตารางที่ 4.12 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ซึ่งได้จากการคำนวณกับค่า $F_{0.1}$ ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90 เปอร์เซนต์ (ภาคผนวก ง) พบว่าค่า F ของคู่อัตราส่วนที่ 1:1:1vs1.5:1.5:0 และ 0:2:1vs1.5:1.5:0 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหมายความว่า อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ้งดังกล่าวให้ผลการทดลองที่มีปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรมากแตกต่างกันมาก

เมื่อเปรียบเทียบชนิดอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ้ง ระหว่าง 1:1:1vs1.5:1.5:0 และ 0:2:1vs1.5:1.5:0 ซึ่งแสดงในตารางการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ้ง 1:1:1 มีค่าปริมาณสารยูจินอลเฉลี่ยเท่ากับ 35.99 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรมากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-4)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ้ง 0:2:1 มีค่าปริมาณสารยูจินอลเฉลี่ยเท่ากับ 45.50 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรมากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-4)

จากการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ้ง พบว่าอัตราส่วน 0:2:1 ให้ค่าปริมาณสารยูจินอลเฉลี่ยมากกว่าอัตราส่วน 1:1:1 และอัตราส่วน 1.5:1.5:0 หมายความว่าอัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรมากที่สุด

4.4 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพรร

การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพรรทั้งหมด 12 การทดลอง ศึกษาด้ในโดยใช้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 60 เท่า พบว่าลูกหอมสมุนไพรรมีรอยแตกร้าเมื่อเปรียบเทียบรอยแตกร้าของลูกหอมสมุนไพรร พบว่าการทดลอง A12 มีอัตราส่วนวัสดุให้กลิ้งเป็น 2:0:1 อัตราส่วนวัสดุขึ้นรูปเป็น 1:1:0.5 มีรอยแตกร้าน้อยที่สุด และการทดลอง A4 มีอัตราส่วนวัสดุให้กลิ้งเป็น 1:1:1 อัตราส่วนวัสดุขึ้นรูปเป็น 1:1:0.5 มีรอยแตกร้ามากที่สุด ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 และเมื่อดูรอยแตกร้าของลูกหอมสมุนไพรรแต่ละตัวอย่าง (ภาคผนวก ค) จะสามารถเรียงลำดับรอยแตกร้าได้ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ลำดับรอยแตกร้าวของลูกหอมสมุนไพโร

อัตราส่วนผสมให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว			
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง			
	1:1:0.125	1:1:0.250	1:1:0.375	1:1:0.500
1: 1:1	9	6	5	12
0:2:1	10	11	4	3
2:0:1	2	8	7	1
1.5:1.5:0	0	0	0	0

หมายเหตุ ค่า 0 การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปลูกหอมสมุนไพรรได้

จากตารางที่ 4.13 ลำดับรอยแตกร้าวมากที่สุด คือ 12 ที่ตำแหน่งลูกหอมสมุนไพโร A4 หมายถึง ลูกหอมสมุนไพโร A4 มีรอยแตกร้าวมากที่สุด ลำดับรอยแตกรำน้อยที่สุด คือ 1 ที่ตำแหน่งลูกหอมสมุนไพโร A12 หมายถึง ลูกหอมสมุนไพโร A12 มีรอยแตกรำน้อยที่สุด



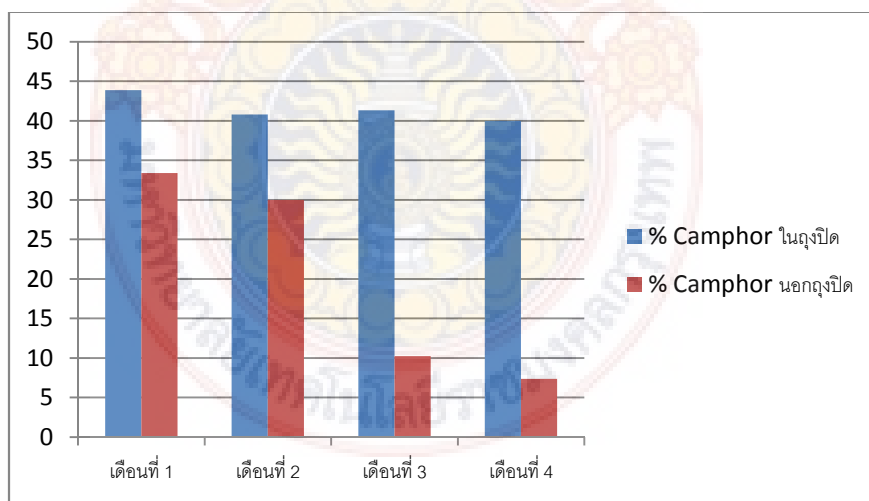
รูปที่ 4.2 โครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพโร A12



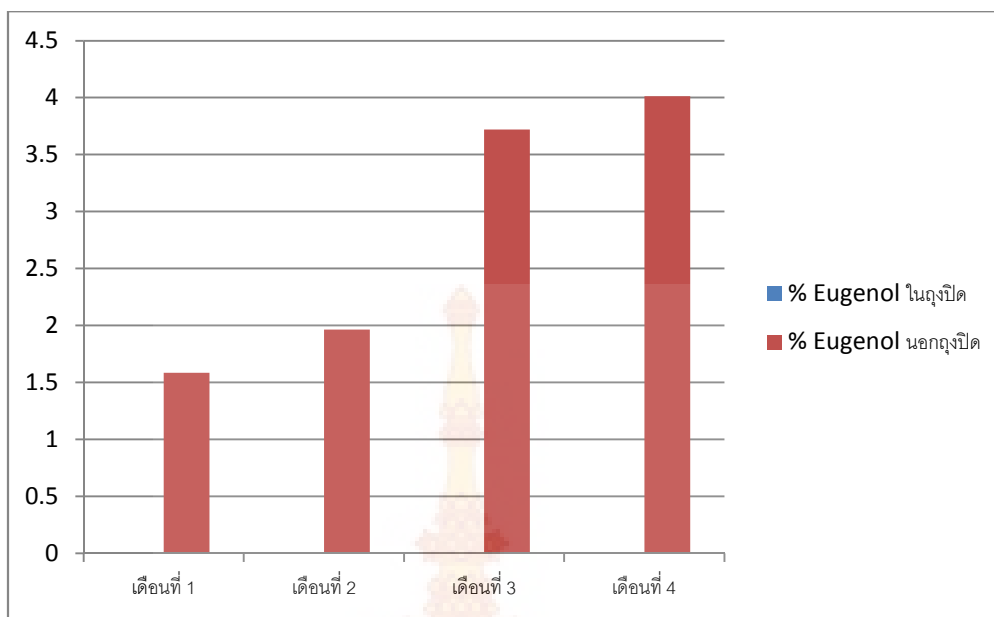
รูปที่ 4.3 โครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพร A4

4.5 ศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพร

ศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพรที่ทำขึ้นจากภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยวางทิ้งไว้บรรยากาศและเก็บไว้ในถุงปิดสนิทเป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 เดือน หลังจากนั้นวิเคราะห์ปริมาณสารที่ระเหยจากลูกหอมสมุนไพร ด้วยเทคนิคแมสสเปกโตรแก๊สโครมาโทกราฟี



รูปที่ 4.4 ปริมาณ Camphor โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับสารทั้งหมด



รูปที่ 4.5 สาร Eugenol โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับสารทั้งหมด

จากรูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารที่ระเหยจากลูกหอมสมุนไพร ด้วยเทคนิคแมสสเปกโตรแกสโครมาโทกราฟี เพื่อศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพรที่ทำขึ้นจากภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยวางทิ้งไว้บรรยากาศและเก็บไว้ในถุงปิดสนิทเป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 เดือน สาร Camphor ของลูกหอมที่อยู่ในถุงปิดมีค่าไม่ลดลง ส่วนสาร Camphor ของลูกหอมที่อยู่นอกถุงมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนที่สาม

จากรูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารที่ระเหยจากลูกหอมสมุนไพร ด้วยเทคนิคแมสสเปกโตรแกสโครมาโทกราฟี เพื่อศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพรที่ทำขึ้นจากภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยวางทิ้งไว้บรรยากาศและเก็บไว้ในถุงปิดสนิทเป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 เดือน ไม่มีสาร Eugenol แต่สาร Eugenol จะมีปริมาณมากขึ้นกับลูกหอมที่อยู่นอกถุงและมีปริมาณลดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเดือนที่สาม

4.6 ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ลูกหอมสมุนไพร

ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ลูกหอมสมุนไพรที่สร้างขึ้นด้วยแบบสอบถาม มีคะแนนความพึงพอใจ 5 ระดับ

ศึกษาความพึงพอใจลูกหอม โดยนำลูกหอมที่ผลิตได้จากวิธีแต่ละการทดลอง ให้ผู้บริโภคนที่สนใจผลิตภัณฑ์ลูกหอม ทั้งชายและหญิง จำนวน 50 คน ทดสอบความพึงพอใจในคุณลักษณะต่างๆ ทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น และความรู้สึกเมื่อได้สัมผัส โดยใช้วิธีให้คะแนนความพึงพอใจ 5 ระดับ โดยใช้แบบสอบถาม จากผลการทดสอบที่ได้พบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในด้านสี กลิ่น และความรู้สึกเมื่อได้สัมผัส ในระดับดี



บทที่ 5

สรุปผลการทำวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อค่าความหนาแน่น ค่าร้อยละการระเหิด ค่าความแข็ง ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร โครงสร้างทางจุลภาค โดยใช้อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูป และชนิดพืชให้สารเหนียว ซึ่งการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

5.1 สรุปผลการทำวิจัย

การทดลองนี้ทดลองโดยศึกษา 3 ตัวแปร คือ อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นระหว่าง พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม เป็น 1:1:1, 0:2:1, 2:0:1 และ 1.5:1.5:0 อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูประหว่าง ผงกานพลู : ผงอบเชย : ผงยางบง เป็น 1:1:0.125, 1:1:0.250, 1:1:0.375 และ 1:1:0.500 โดยใช้พืชให้สารเหนียว คือ ส้มโอ มะกรูด มะนาว และส้มซ่า โดยการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

จากผลการคำนวณทางสถิติพบว่าอัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปและชนิดพืชให้สารเหนียวไม่มีผลต่อความหนาแน่นและความแข็งของลูกหอมสมุนไพร แต่อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 1:1:1 และ 2:0:1 มีผลต่อความหนาแน่นและความแข็งของลูกหอมสมุนไพร ตามลำดับ

จากผลการคำนวณทางสถิติพบว่าอัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปไม่มีผลต่อร้อยละการระเหิดและปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพร แต่อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 0:2:1 และชนิดพืชให้สารเหนียวมีผลต่อร้อยละการระเหิดและปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพร

จากการศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพร พบว่าลูกหอมสมุนไพรที่มีรอยแตกร้าวน้อยที่สุด มีอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นเป็น 2:0:1 อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปเป็น 1:1:0.5 ชนิดพืชให้สารเหนียว คือ ส้มโอ และลูกหอมสมุนไพรที่มีรอยแตกร้าวมากที่สุด มีอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นเป็น 1:1:1 อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปเป็น 1:1:0.5 ชนิดพืชให้สารเหนียว คือ มะนาว

สามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วนที่ดีที่สุด คือ ใช้อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นที่ 2:0:1 เพราะให้ค่าความหนาแน่น ความแข็ง ร้อยละการระเหิด และปริมาณสารยูจินอลมากกว่าอัตราส่วนอื่นๆ

ใช้อัตราส่วนโดยขึ้นรูปใดๆ ได้ เพราะอัตราส่วนโดยขึ้นรูปไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่น ความแข็งแรง ร้อยละการระเหิด และปริมาณสารยูจินอล และใช้พืชให้สารเหนียวคือ เปลือกมะกรูด เพราะให้ปริมาณสารยูจินอลมากกว่าเปลือกผลไม้อื่น

ศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพร ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารที่ระเหยจากลูกหอมสมุนไพร ด้วยเทคนิคแมสสเปกโตรแก๊สโครมาโทกราฟี เพื่อศึกษาอายุการใช้งานและการเก็บของลูกหอมสมุนไพรที่ทำขึ้นจากภาวะที่เหมาะสมที่สุด โดยวางทิ้งไว้บรรยากาศและเก็บไว้ในถุงปิดสนิทเป็นเวลา 1, 2, 3 และ 4 เดือน สาร Camphor ของลูกหอมที่อยู่ในถุงปิดมีค่าไม่ลดลง ส่วนสาร Camphor ของลูกหอมที่อยู่นอกถุงมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนที่สาม และไม่มี สาร Eugenol แต่จะมีปริมาณมากขึ้นกับลูกหอมที่อยู่นอกถุงและมีปริมาณลดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในเดือนที่สาม

ศึกษาความพึงพอใจลูกหอม โดยนำลูกหอมที่ผลิตได้จากวิธีแต่ละการทดลอง ให้ผู้บริโภคนที่สนใจผลิตภัณฑ์ลูกหอม ทั้งชายและหญิง จำนวน 50 คน ทดสอบความพึงพอใจในคุณลักษณะต่างๆ ทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่น และความรู้สึกเมื่อได้สัมผัส โดยใช้วิธีให้คะแนนความพึงพอใจ 5 ระดับ โดยใช้แบบสอบถาม จากผลการทดสอบที่ได้พบว่า ผู้บริโภคมีความพึงพอใจในด้านสี กลิ่น และความรู้สึกเมื่อได้สัมผัส ในระดับดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ศึกษาพืชให้สารเหนียวชนิดอื่นๆ ที่มีผลต่อความหนาแน่น ร้อยละการระเหิดความแข็งแรง และปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพร

5.2.2 ศึกษาวัสดุให้กลิ่นชนิดอื่นๆ ที่มีผลต่อความหนาแน่น ร้อยละการระเหิด ความแข็งแรง และปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพร

5.2.3 ศึกษาวัสดุขึ้นรูปชนิดอื่นๆ ที่มีผลต่อความหนาแน่น ร้อยละการระเหิด ความแข็งแรง และปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพร

บรรณานุกรม

- [1] สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. ม.ป.ป. "แนพทาลิน" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.fda.moph.go.th/prac/document/factsheet/danger_naphthalene.pdf (วันที่สืบค้น 27 กันยายน 2553)
- [2] ฉันทรา พุนศิริ. ม.ป.ป. "โพแมนเดอร์กลิ่นหอมไล่แมลง" [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.tistr.or.th/t/publication/page_area_show_bc.asp?i1=45&i2=28 (วันที่สืบค้น 28 กันยายน 2553)
- [3] "ดูแลบ้านให้ห่างไกลสารพิษ" 2553. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: <http://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=anotherside&month=06-2010&date=27&group=23&gblog=281> (วันที่สืบค้น 28 กันยายน 2553)
- [4] "อันตรายของลูกเหม็น" ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: <http://www.ladytip.com/content/view/1603/71/>. (วันที่สืบค้น 17 พฤศจิกายน 2554).
- [5] "ระวังอันตรายจากลูกเหม็น" ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: <http://guru.thaibizcenter.com/articledetail.asp?kid=3290> (วันที่สืบค้น 17 พฤศจิกายน 2554).
- [6] กัญญา ตีวิเศษ. 2554. **น้ำสมุนไพร 108**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: องค์การส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ.
- [7] นพมาศ สุนทรเจริญนนท์ และนางลักษณ์ เรืองวิเศษ. 2551. **คุณภาพเครื่องยาไทยจากงานวิจัยสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท คอนเซ็ปท์ เมดิคัล จำกัด.
- [8] สมพร ภูมิยานันต์. 2551. **สมุนไพรเล่มที่ 13 ว่าด้วย สมุนไพรแต่งสี กลิ่น รส**. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: เอราวัณการพิมพ์.
- [9] Andrew S. Wilson, Carl D. Davis, Dominic P. Williams, Alan R. Buckpittb, Munir Pirmohamedb and B. Kevin Parkb. 1996. "Characterisation of the toxic metabolite(s) of naphthalene" **Toxicology**. 114 (May): 233-242.
- [10] วรณา ตูลยธัญ. 2551. **เคมีอาหารของคาร์โบไฮเดรต**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- [11] “โครงสร้างของเพกติน” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: [http:// www.thaigoodview.com/library/contest2552/type2/science04/28/P_Untitled-10.html](http://www.thaigoodview.com/library/contest2552/type2/science04/28/P_Untitled-10.html). (วันที่สืบค้น 10 มกราคม 2556).
- [12] รังสิณี โสธรวิทย์. 2550. **เคมีและจุลชีววิทยาเบื้องต้นของอาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [13] ดวงตะวัน ศุภาลัย. 2553. **กินสมุนไพรไกลโรค**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท อักษรเงิน ดี จำกัด.
- [14] “มะนาว” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: <http://www.sirirux555.thmy.com/>. (วันที่สืบค้น 10 มกราคม 2556).
- [15] “ส้มโอ” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: <http://travel.mthai.com/news/3306.html>. (วันที่สืบค้น 10 มกราคม 2556).
- [16] นิตดา หงษ์วิวัฒน์. 2550. **ผลไม้ 111 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท สำนักพิมพ์แสงแดด จำกัด.
- [17] “ส้มซ่า” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: http://www.djnarich.com/index.php?lay=boardshow&ac=webboard_show&WBntype=1&No=1376378. (วันที่สืบค้น 10 มกราคม 2556).
- [18] อรัญญา มโนสร้อย และจิรเดช มโนสร้อย. 2548. **น้ำมันหอมระเหยและสารสกัดจากสมุนไพรไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: โรงพิมพ์ครองช้าง.
- [19] “มะกรูด” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: <http://www.gotoknow.org/posts/364706>. (วันที่สืบค้น 10 มกราคม 2556).
- [20] ชยันต์ พิเชียรสุนทร และวิเชียร จีวงศ์. 2545. **คู่มือเภสัชกรรมแผนไทย เล่ม 2 เครื่องยาพฤกษวัตถุ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: อมรินทร์.
- [21] “พิมเสน” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: http://pimsenthai.blogspot.com/2012/08/blog-post_23.html. (วันที่สืบค้น 20 มีนาคม 2556).
- [22] “การบูร” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: <http://www.thaigoodview.com/library/contest2551/science03/35/Camphor%20%20Tree.htm>. (วันที่สืบค้น 10 มกราคม 2556).

- [23] “ตะไคร้หอม” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: <http://www.medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/cymbona.html>. (วันที่สืบค้น 10 มกราคม 2556).
- [24] รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล, พร้อมจิต ศรลัมพ์, วงศ์สถิต ฉั่วกุล, วิชิต เปานิล, สมภพ ประธานธรรารักษ์ และนพมาศ สุนทรเจริญนนท์. 2545. สมุนไพร : ยาไทยที่ควรรู้. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ศักดิโสภณาการพิมพ์.
- [25] “กานพลู” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: http://www.baanjommyut.com/library_2/spices/02.html. (วันที่สืบค้น 10 มกราคม 2556).
- [26] “อบเชย” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: <http://www.foodnetworksolution.com/vocab/wordcap/>. (วันที่สืบค้น 10 มกราคม 2556).
- [27] “ยางบง” ม.ป.ป. [ออนไลน์] เข้าถึงข้อมูลได้จาก: <http://www.suansavarose.com/index.php?mo=3&art=169077>. (วันที่สืบค้น 10 มกราคม 2556).
- [28] อนันต์ชัย เชื้อนธรรม. 2542. **หลักการวางแผนการตลาด**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [29] M.G. Volpe, E. Varricchio, E. Coccia, G. Santagata, M. Di Stasio, M. Malinconico and M. Paolucci. 2012. “Manufacturing pellets with different binders: Effect on water stability and feeding response in juvenile *Cherax albidus*” **Aquaculture**. 324-325 (January): 104–110.
- [30] Damjan Janeš, Dragana Kantar, Samo Kreft and Helena Prosen. 2009. “Identification of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) aroma compounds with GC–MS” **Food Chemistry**. 112 (January): 120–124.
- [31] วชิรชนก ทวีวรรณกิจ และสลิตา ห้องสุวรรณ์. 2548. **การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตรและวัชพืชน้ำ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ข้อมูลส่วนประกอบ ความหนาแน่น ร้อยละการระเหิด และชนิดสารในลูกหอมสมุนไพร

ก. 1 การทำลูกหอม โดยออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

ทำการทดลองศึกษาวิธีการทำลูกหอมสมุนไพรเพื่อหาภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำลูกหอมสมุนไพร โดยการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ มีข้อมูลดังนี้

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลน้ำหนักของส่วนประกอบที่ใช้สร้างลูกหอมสมุนไพร (g)

ตัวอย่าง	พิมเสน	การบูร	ตะไคร้หอม	กานพลู	อบเชย	ยางบัง
A1	50.22	50.28	50.00	50.09	50.34	6.25
A2	50.14	50.37	50.03	50.01	50.21	12.50
A3	50.55	50.90	50.14	50.55	50.12	18.72
A4	50.19	50.13	50.43	50.15	50.56	25.12
A5	0.00	100.14	50.81	50.34	50.04	6.25
A6	0.00	100.55	50.55	50.41	50.34	12.52
A7	0.00	100.30	50.00	50.00	50.14	18.75
A8	0.00	100.32	50.87	50.91	50.58	25.08
A9	100.01	0.00	50.17	50.60	50.59	6.25
A10	100.24	0.00	50.71	50.26	50.12	12.51
A11	100.08	0.00	50.55	50.25	50.27	18.75
A12	100.12	0.00	50.05	50.43	50.04	25.51
A13	75.13	75.07	0.00	50.08	50.12	6.25
A14	75.51	75.33	0.00	50.50	50.21	12.51
A15	75.07	75.56	0.00	50.38	50.10	18.75
A16	75.14	75.08	0.00	50.01	50.55	25.05

ก.2 การหาความหนาแน่นของวัสดุ [31]

ก.2.1 ชั่งขวดวัดปริมาตรที่มีขนาด 50 mL โดยขวดต้องแห้งและสะอาด บันทึกผล (m_1) บดลูกหอมสมุนไพรรให้ละเอียดแล้วบรรจุลงในขวดวัดปริมาตรแล้ว ชั่งน้ำหนักของขวดวัดปริมาตรและตัวอย่างอีกครั้ง บันทึกผล (m_2)

ก.2.2 เติมน้ำกลั่น 30 mL ลงในขวดวัดปริมาตรในข้อ ก.2.1 เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำขวดวัดปริมาตรไปอุ่นในอ่างให้ความร้อนโดยประมาณ $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ พร้อมกับใช้ที่จับหลอดทดลองจับที่คอขวดวัดปริมาตรเพื่อเขย่าในขณะที่ขวดอุ่น เมื่อโอปรากฎให้ทำการอุ่นต่อไปอีก 2-3 วินาที

ก.2.3 นำขวดวัดปริมาตรไปตั้งทิ้งไว้ที่อ่างน้ำเย็นกว่าบีกเกอร์ขนาด 50 mL ลงที่ปากของขวดวัดปริมาตรแล้วปล่อยให้ น้ำเย็นไหลเบาๆ ลงที่ก้นบีกเกอร์จนกระทั่งขวดวัดปริมาตรเย็นลง

ก.2.4 เติมน้ำลงในขวดวัดปริมาตรจนถึงขีดบอกความจุใช้ผ้าเช็ดขวดวัดปริมาตรให้แห้งนำไปชั่งอีกครั้ง บันทึกผล (m_3)

ก.2.5 เทของในขวดทิ้งให้หมด ล้างขวดให้สะอาดแล้วนำไปคว่ำให้แห้ง

ก.2.6 เติมน้ำกลั่นจากในบิวเรตลงในขวดวัดปริมาตร โดยใช้มาตราส่วนของบิวเรตเป็นเกณฑ์ ปริมาตรที่ได้นี้ คือ ปริมาตรของขวดวัดปริมาตร

ก.2.7 คำนวณค่าความหนาแน่นของวัสดุ

3.3.7.1 คำนวณน้ำหนักของลูกหอมสมุนไพรร (m_s) จากสมการที่ 1

$$\text{จาก } m_s = m_2 - m_1 \quad \dots(1)$$

3.3.7.2 คำนวณปริมาตรของลูกหอมสมุนไพรร (V_s) จากสมการที่ 3 และ 4

$$\text{จาก } V_{\text{น้ำในขวดวัดปริมาตรที่ไม่รวมลูกหอมสมุนไพรร}} = (m_3 - m_2) / (\rho_{\text{น้ำที่ } 30^{\circ}\text{C}}) \quad \dots(2)$$

$$\text{และ } V_s = \text{ปริมาตรของขวดวัดปริมาตร} - V_{\text{น้ำในขวดวัดปริมาตรที่ไม่รวมลูกหอมสมุนไพรร}} \quad \dots(3)$$

จากนั้นสามารถคำนวณค่า ความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรรได้ จากสมการที่ 4

$$\rho_s = (m_s) / V_s \quad \dots(4)$$

$$\text{เมื่อ } \rho_s = \text{ความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรร (g/cm}^3\text{)}$$

$$m_s = \text{มวลของลูกหอมสมุนไพรร (g)}$$

$$V_s = \text{ปริมาตรของเศษวัสดุ (cm}^3\text{)}$$

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหาค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรร

ตัวอย่าง	น้ำหนัก ขวด ปริมาตร, m_1 (g)	น้ำหนัก ขวดปริมาตร + ตัวอย่าง, m_2 (g)	น้ำหนักขวด ปริมาตร + ตัวอย่าง + น้ำ, m_3 (g)	ปริมาตรขวด ปริมาตร (mL)
A1	32.91	37.66	83.18	49.90
A2	32.91	38.43	83.65	49.90
A3	36.24	42.46	86.31	49.50
A4	36.24	41.06	88.32	49.90
A5	32.91	37.13	83.20	49.90
A6	36.24	42.85	88.39	49.50
A7	36.24	42.13	88.14	49.50
A8	32.91	39.21	83.52	49.90
A9	36.24	43.81	86.54	49.50
A10	36.24	40.47	86.26	49.50
A11	32.91	38.67	83.58	49.90
A12	32.91	39.24	83.49	49.90
A13	0.00	0.00	0.00	0.00
A14	0.00	0.00	0.00	0.00
A15	0.00	0.00	0.00	0.00
A16	0.00	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ ค่า 0.00 คือ การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปลูกหอมสมุนไพรรได้

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลสำหรับการคำนวณความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรร

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง, m_s (g)	ปริมาตรตัวอย่าง, V_s (mL)	ความหนาแน่นของ ตัวอย่าง, ρ (g/mL)
A1	4.75	3.83	1.24
A2	5.52	4.13	1.34
A3	6.22	5.12	1.21
A4	4.82	1.67	2.89
A5	4.22	3.27	1.29
A6	3.84	2.81	1.36
A7	5.59	2.93	2.01
A8	6.30	5.05	1.25
A9	7.57	6.25	1.21
A10	4.23	3.15	1.34
A11	5.76	4.44	1.30
A12	6.33	5.11	1.24
A13	0.00	0.00	0.00
A14	0.00	0.00	0.00
A15	0.00	0.00	0.00
A16	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ ค่า 0.00 คือ การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปลูกหอมสมุนไพรรได้

ก.3 การหาค่าร้อยละของการระเหิด

ก.3.1 ชั่งน้ำหนักลูกหอมสมุนไพรมือขึ้นรูป (m_A)

ก.3.2 ชั่งน้ำหนักลูกหอมสมุนไพรมือเวลาผ่านไป 1 เดือน (m_B)

ก.3.3 คำนวณค่าอัตราการระเหิด (ร้อยละ) โดยสามารถใช้สมการที่ 5

$$\text{ร้อยละของการระเหิด} = (m_A - m_B) / m_A \times 100\% \quad \dots(5)$$

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพรมือ

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง ครั้งที่ 1 , m_A (g)	น้ำหนักตัวอย่าง ครั้งที่ 2, m_B (g)	ร้อยละการระเหิด (%)
A1	10.41	6.44	38.15
A2	10.55	6.63	37.15
A3	10.55	7.63	27.60
A4	10.49	5.48	47.72
A5	10.60	5.30	50.01
A6	10.57	5.56	47.37
A7	10.57	6.63	37.39
A8	10.54	7.74	26.51
A9	10.61	8.77	17.30
A10	10.62	5.51	48.12
A11	10.51	6.60	37.17
A12	10.59	7.31	30.80
A13	0.00	0.00	0.00
A14	0.00	0.00	0.00
A15	0.00	0.00	0.00
A16	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ ค่า 0.00 คือ การทดลองที่ไม่สามารถขึ้นรูปลูกหอมสมุนไพรมือได้

ก. 4

ตารางที่ ก.5 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A1 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Eugenol	60.11
3-Penten-2-one	12.66
Borneol L	8.09
Aceteugenol	6.73
Benzoic acid	6.01
Camphor	2.10
2-Propanal	1.75
Isoborneol	1.48
Dill Ether	1.06

ตารางที่ ก.6 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A2 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Camphor	35.56
Benzoic acid	32.19
Eugenol	14.80
Borneol L	7.31
Isoborneol	3.60
Benzene	2.75
1-Caryophyllene	1.01
Aceteugenol	0.96
2-Propanal	0.70
Menthol	0.65
4,4-Dimethyl-2-ethyl-2-cyclohexene-1-one	0.48

ตารางที่ ก.7 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A3 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Camphor	38.39
Benzoic acid	33.37
Borneol L	8.53
Eugenol	7.90
Isoborneol	5.05
2-Hydroxy-5,5-dimethylcyclopent-2-en-1-one	2.09
Tran-Caryophyllene	1.05
Menthol	0.65
Aceteugenol	0.51
2-Cyclopenten-1-one	0.47
2-Propenal	0.45
Borneol	0.17
4,7,10-Cyloundecatriene	0.12
2-Noorbornanol	0.11
Tran-8-Methylcyclo	0.11
2,6-Octadien-1-ol	0.10
3-Octyne	0.10
1-Bornyl acetate	0.09
Isobornyl formate	0.09
1-Methyl-2-pyridone	0.09
Propanoic acid	0.08
3-Pyridylcarbinol	0.08
1-Hydroxymethyl-7,7-dimethylbicycloheptan-2-one	0.06
Benzenamine	0.06
Caryophyllene oxide	0.06
Cadinene	0.06
2-norbornanone	0.05
Dimethyl 2-hydroxyterphthalate	0.04
3-Oxocineole	0.04

ตารางที่ ก.8 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A4 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Eugenol	61.09
2-Hydroxy-5,5-dimethylcyclopent-2-en-1-one	13.10
Borneol	7.31
Benzoic acid	7.18
Aceteugenol	5.27
Camphor	2.25
2-Propenal	1.83
Isoborneol	1.12
3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	0.87

ตารางที่ ก.9 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A5 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Eugenol	76.16
Benzoic acid	7.53
Borneol	4.79
Camphor	3.37
3-penten-2-one	2.57
2-Propenal	2.13
2-Hydroxy-5,5-dimethylcyclopent-2-en-1-one	1.54
Isoborneol	1.01
Dimethyl 2,-hydroxyterphthalate	0.90

ตารางที่ ก.10 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A6 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Eugenol	83.77
Benzoic acid	5.47
Camphor	3.94
5-Isopropyl-3,3-dimethyl-2-methylene-2,3-dihydrofuran	3.06
Cinnamaldehyde	2.16
2-Propenal 1-2-Borneol	1.24
2-Hydroxy-5,5-dimethylcyclopent-2-en-1-one Borneol	0.36

ตารางที่ ก.11 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A7 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Benzoic acid	38.92
Camphor	35.38
Eugenol	12.61
Camphol	5.45
Borneol	3.58
Caryophyllene	1.17
Aceteugenol	1.07
2-Propenal	0.72
Cyclohexanol	0.67
4-Methylbicyclononan-2-one	0.44

ตารางที่ ก.12 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A8 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Camphor	38.95
Benzoic acid	38.19
Eugenol	9.46
Borneol	5.09
Isoborneol	3.28
aryophyllene	1.21
Cyclohexanol	0.63
2-Propenal	0.61
2-Cyclopenten-1-one	0.53
Aceteugenol	0.53
6-Methyl-5-hepten-2-one	0.29
5-Isopropyl-3,3-dimethyl-2-methylene-2,3-dihydrofuran	0.21
Bicycloheptan-2-ol	0.16
alpha-Caryophyllene	0.14
(9-Oxa-Bicyclonon-6-en-3-YL)-Methanol	0.12
1,6-Octadien-3-ol	0.11
Bicycloheptan-2-ol	0.09
Acetic acid	0.09
Bicyclohept-2-ene	0.08
1-(2,6-Dimethyl-3,4-dihydro-2H-pyran-2-yl)-2-diazo-1-ethanone	
L-Fenchone	0.07
2-Pyridinone	0.06
Dimethyl hydroxyl terephthalate	0.06
Caryophyllene oxide	0.04
	0.04

ตารางที่ ก.13 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A9 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Camphor	39.46
Benzoic acid	28.66
borneol L	11.58
Eugenol	7.09
borneol	6.76
2-Hydroxy-5,5-dimethylcyclopent-2-en-1-one	3.11
Tran Caryophyllene	0.86
Cyclohexanol	0.52
2-Propenal	0.45
Bicyclohexan-2-one	0.38
Phenol	0.24
Bornyl formate	0.15
Bicycloheptan-2-ol	0.10
IsoBornyl formate	0.09
Geraniol	0.09
1-Bornyl acetate	0.09
Bicycloheptan-2-ol	0.08
3-cyclohepten-1-one	0.08
1-(2,6-Dimethyl-3,4-dihydro-2H-pyran-2-yl)-2-diazo-1-ethanone	0.06
Bicycloheptan-2-one	0.05
Dimethyl hydroxyl terephthalate	0.05
Caryophyllene xide	0.04

ตารางที่ ก.14 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A10 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Eugenol	51.05
Benzene	21.52
borneol	14.44
Benzoic acid	4.52
Isoborneol	2.71
Aceteugenol	2.03
Camphor	1.58
2-Propenal	1.50
4-Cyano-4-hydroxy-1,2,5-trimethylpiperidine	0.66

ตารางที่ ก.15 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A11 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Eugenol	37.96
borneol	19.36
Benzene	14.53
Benzoic acid	9.42
Isoborneol	6.77
Camphor	6.36
Aceteugenol	2.11
2-Propenal	1.28
Caryophyllene	0.68
1-Menthol	0.55
2-Furanmethanol	0.52
Cyclohexanol	0.46

ตารางที่ ก.16 ปริมาณของสารในลูกหอมสมุนไพร A12 (ร้อยละ)

สาร	ปริมาณสาร
Camphor	36.73
Benzoic acid	30.49
Borneol	11.40
Eugenol	9.69
Isoborneol	6.67
Benzene	2.56
Tran Caryophyllene	0.92
Cycloxanol	0.59
Cinnamaldehyde	0.54
4-Methylicyclononan-2-one	0.41

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณทางสถิติ

บทนี้จะกล่าวถึงวิธีการคำนวณทางสถิติ การคำนวณค่าความหนาแน่น ค่าร้อยละการระเหิด ค่าความแข็ง และปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรตามการทดลองแบบลาตินสแควร์

ข.1 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

เนื่องจากการทดลองมี 3 ตัวแปรที่มีผลต่อลูกหอมสมุนไพร คือ ชนิดของพืชให้สารเหนียว อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น และอัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูป โดยแต่ละตัวแปรมี 4 ค่า ดังนั้นต้องทำการทดลอง 64 ครั้ง ซึ่งแต่ละครั้งใช้เวลานาน ดังนั้นจึงเลือกวิธีการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ซึ่งจะช่วยลดจำนวนการทดลองให้เหลือเพียง 16 ครั้ง ดังตารางที่ ข.1-1

ตารางที่ ข.1-1 แผนผังการออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พืชมะนาว : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว			
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง			
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500
1 : 1 : 1	A1	A2	A3	A4
0 : 2 : 1	A5	A6	A7	A8
2 : 0 : 1	A9	A10	A11	A12
1.5 : 1.5 : 0	A12	A13	A14	A15

ตารางที่ ข.1-2 ค่าความหนาแน่น (g/cm^3) ของลูกหอมสมุนไพรตามชนิดเปลือกผลไม้ที่อัตราส่วน
ต่างๆ

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหินยว			
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง			
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500
1 : 1 : 1	1.24	1.34	1.21	2.89
0 : 2 : 1	1.29	1.36	2.01	1.25
2 : 0 : 1	1.21	1.34	1.30	1.24
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ข.1-3 ร้อยละการระเหิด (%) ของลูกหอมสมุนไพรตามชนิดเปลือกผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหินยว			
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง			
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500
1 : 1 : 1	38.15	37.15	27.60	42.72
0 : 2 : 1	50.01	47.37	37.39	26.51
2 : 0 : 1	17.30	48.12	37.17	30.80
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ข.1-4 ค่าความแข็ง (N) ของลูกหอมสมุนไพรมตามชนิดเปลือกผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว			
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง			
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500
1 : 1 : 1	22.43	34.63	36.59	30.36
0 : 2 : 1	18.33	16.29	22.16	24.43
2 : 0 : 1	67.43	44.68	35.53	58.05
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ข.1-5 ปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรมตามชนิดเปลือกผลไม้ที่อัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว			
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง			
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500
1 : 1 : 1	60.11	14.80	7.97	61.09
0 : 2 : 1	76.16	83.77	12.61	9.46
2 : 0 : 1	7.09	51.05	37.96	9.69
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00

ข.2 การคำนวณค่าความแปรปรวนสำหรับตารางลาตินสแควร์

นำข้อมูลจากตารางที่ ข.1-2 ข.1-3 ข.1-4 และ ข.1-5 มาคำนวณค่าต่างๆ ดังแสดงผลที่ได้ใน
ตารางที่ ข.2-1 ข.2-2 ข.2-3 และ ข.2-4

ตารางที่ ข.2-1 ผลรวมของแต่ละ Column และ Row ของค่าความหนาแน่น

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พืชมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว				Row Total
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง				
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500	
1 : 1 : 1	1.24	1.34	1.21	2.89	6.68
0 : 2 : 1	1.29	1.36	2.01	1.25	5.91
2 : 0 : 1	1.21	1.34	1.30	1.24	5.09
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Column Total	3.74	4.04	4.52	5.38	17.68

ตารางที่ ข.2-2 ผลรวมของแต่ละ Column และ Row ของร้อยละการระเหิด

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลืน พืชมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว				Row Total
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง				
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500	
1 : 1 : 1	38.15	37.15	27.60	42.72	145.62
0 : 2 : 1	50.01	47.37	37.39	26.51	161.28
2 : 0 : 1	17.30	48.12	37.17	30.80	133.39
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Column Total	105.46	132.64	102.16	100.03	440.29

ตารางที่ ข.2-3 ผลรวมของแต่ละ Column และ Row ของค่าความแข็ง

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว				Row Total
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง				
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500	
1 : 1 : 1	22.43	34.63	36.59	30.36	124.01
0 : 2 : 1	18.33	16.29	22.16	24.43	81.21
2 : 0 : 1	67.43	44.68	35.53	58.05	205.69
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Column Total	108.19	95.60	94.28	112.84	410.91

ตารางที่ ข.2-4 ผลรวมของแต่ละ Column และ Row ของปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพร

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว				Row Total
	กานพลู : อบเชย : ยางบัง				
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500	
1 : 1 : 1	60.11	14.80	7.97	61.09	143.97
0 : 2 : 1	76.16	83.77	12.61	9.46	182.00
2 : 0 : 1	7.09	51.05	37.96	9.69	105.79
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Column Total	143.36	149.62	58.54	80.24	431.76

ตัวอย่างการคำนวณ (ค่าความหนาแน่น)

ผลรวมตาม Column ที่ 1 = $1.24 + 1.29 + 1.21 + 0.00$ = 108.19

ผลรวมตาม Row ที่ 1 = $1.24 + 1.34 + 1.21 + 2.89$ = 124.01

หมายเหตุ การหาผลรวมของร้อยละการระเหิด ค่าความแข็ง และปริมาณสารยูจินอลมีลักษณะการคำนวณคล้ายกับการคำนวณความหนาแน่น ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ข.2-2 ข.2-3 และตารางที่ ข.2-4

ตารางที่ ข.2-5 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของเปลือกผลไม้ในแต่ละการทดลองของค่าความหนาแน่น

	เปลือกผลไม้			
	ส้มโอ	มะนาว	มะกรูด	ส้มซ่า
ผลรวม = X_p	4.59	5.52	3.90	3.67
ผลรวมเฉลี่ย = X_p	1.15	1.38	0.98	0.92

ตารางที่ ข.2-6 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของเปลือกผลไม้ในแต่ละการทดลองของร้อยละการระเหิด

	เปลือกผลไม้			
	ส้มโอ	มะนาว	มะกรูด	ส้มซ่า
ผลรวม = X_p	105.34	14.85	122.69	71.41
ผลรวมเฉลี่ย = X_p	26.34	35.21	30.67	17.85

ตารางที่ ข.2-7 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของเปลือกผลไม้ในแต่ละการทดลองของค่าความแข็ง

	เปลือกผลไม้			
	ส้มโอ	มะนาว	มะกรูด	ส้มซ่า
ผลรวม = X_p	114.84	93.37	74.25	128.45
ผลรวมเฉลี่ย = X_p	28.71	23.34	18.56	32.11

ตารางที่ ข.2-8 ผลรวมและค่าเฉลี่ยของเปลือกผลไม้ในแต่ละการทดลองของปริมาณสารยูจินอล
ในลูกหอมสมุนไพร

	เปลือกผลไม้			
	ส้มโอ	มะนาว	มะกรูด	ส้มซ่า
ผลรวม = X_p	37.10	188.30	181.84	24.52
ผลรวมเฉลี่ย = X_p	9.28	47.08	45.46	6.13

ตัวอย่างการคำนวณ (ค่าความหนาแน่น)

ผลรวมของเปลือกมะกรูด = $1.24+1.36+1.30+0.00 = 3.90$

ผลรวมเฉลี่ย = $3.90/4 = 0.98$

หมายเหตุ การหาผลรวมและผลรวมเฉลี่ยของร้อยละการระเหิด ค่าความแข็ง และปริมาณสารยูจินอมีลักษณะการคำนวณคล้ายกับการคำนวณค่าความหนาแน่น ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ ข.2-6 ข.2-7 และตารางที่ ข.2-8

ตารางที่ ข.2-9 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความหนาแน่น

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean of Square (MS)	F	F _{0.1}
อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น	3	6.82	2.27	9.08*	3.29
อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูป	3	0.38	0.13	0.52	3.29
ชนิดพืชให้สารเหนียว	3	0.51	0.17	0.68	3.29
Error	6	1.51	0.25		
รวม	15	9.22			

ตารางที่ ข.2-10 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของร้อยละการระเหิด

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean of Square (MS)	F	F _{0.1}
อัตราส่วนโดยวัสดุหักลิ้น	3	4,136.37	1,378.79	62.99*	3.29
อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูป	3	173.50	57.83	2.64	3.29
ชนิดพืชให้สารเหนียว	3	655.91	218.64	9.99*	3.29
Error	6	131.35	21.89		
รวม	15	5,097.13			

ตารางที่ ข.2-11 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความแข็ง

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean of Square (MS)	F	F _{0.1}
อัตราส่วนโดยวัสดุหักลิ้น	3	5,517.54	1,839.18	41.38*	3.29
อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูป	3	63.57	21.19	0.48	3.29
ชนิดพืชให้สารเหนียว	3	426.72	142.24	3.20*	3.29
Error	6	266.67	44.45		
รวม	15	6,274.50			

ตารางที่ ข.2-12 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพโร

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean of Square (MS)	F	F _{0.1}
อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น	3	4,609.68	8.23*	8.38*	3.29
อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูป	3	1,549.87	2.82	2.82	3.29
ชนิดพืชให้สารเหนียว	3	5,974.04	10.80	10.80*	3.29
Error	6	1,100.62			
รวม	15	13,234.21			

จากตารางที่ ข.2-9 เมื่อเปรียบเทียบค่า F ที่ได้จากการคำนวณกับค่า $F_{0.1}$ ซึ่งได้จากการเปิดตาราง ณ ความมั่นใจที่ 90 เปอร์เซนต์ พบว่าค่า F ของอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นมีค่ามากกว่าค่า $F_{0.1}$ แสดงว่าความแตกต่างของค่าความหนาแน่นเนื่องจากอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อัตราส่วนโดยวัสดุขึ้นรูปกับชนิดพืชให้สารเหนียวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการวิเคราะห์ขั้นต่อไปจะใช้การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

หมายเหตุ

Df Row = จำนวน Row -1= 3

Df Column = จำนวน Column -1= 3

Df ของเปลือกผลไม้ = จำนวนเปลือกผลไม้-1= 3

Df Total = จำนวน Row × จำนวน Column) -1= 15

Df error = Df Total - (Df Row + Df Column + Df ของเปลือกผลไม้)= 6

การคำนวณ (ค่าความหนาแน่น)

1. Correction term [C.T] $= \frac{X^2}{r^2}$
 $= 17.68^2/4^2 = 19.54$
2. Total SS $= \sum_{ij} X_{ij}^2 - C. T$
 $= 28.76 - 19.54 = 9.22$
3. Row SS $= \sum_i \frac{X_i^2}{r} - C. T$
 $= 26.36 - 19.54 = 6.82$
4. Column SS $= \sum_j \frac{X_j^2}{r} - C. T$
 $= 19.92 - 19.54 = 0.38$
5. Time SS $= \sum_p \frac{X_p^2}{r} - C. T$
 $= 20.05 - 19.54 = 0.51$
6. Error SS $= \text{Total SS} - \text{Row SS} - \text{Column SS} - \text{Time SS}$
 $= 9.22 - 6.82 - 0.38 - 0.51 = 1.51$
7. Row MS $= \text{Row SS}/Df$
 $= 2.27$
8. Column MS $= \text{Column SS}/Df$
 $= 0.13$
9. Time MS $= \text{Time SS}/Df$
 $= 0.17$
10. Error MS $= \text{Error SS}/Df$
 $= 0.25$
11. Row F $= \text{Row MS}/\text{Error MS} = 2.27/0.25$
 $= 9.08$
12. Column F $= \text{Column MS}/\text{Error MS} = 0.13/0.25$
 $= 0.52$
13. Time F $= \text{Time MS}/\text{Error MS} = 0.17/0.25$

$$= 0.68$$

หมายเหตุ การคำนวณร้อยละการระเหิด ค่าความแข็ง และปริมาตรสารยูจินอลมีลักษณะคล้ายกับการคำนวณค่าความหนาแน่นดังแสดงในตารางที่ ข.2-10 ข.2-11 และ ข.2-12

ข.3 การเปรียบเทียบ

เมื่อวิเคราะห์ค่าความหนาแน่น ค่าร้อยละการระเหิด ค่าความแข็ง และปริมาตรสารยูจินอล พบว่าอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลั่นมีผลต่อการทดลองทั้ง 4 อย่าง ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ดังตารางที่ ข.3-1

ตารางที่ ข.3-1 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของค่าความหนาแน่น

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว				รวม	เฉลี่ย
	กานพลู : อบเชย : ยางบก					
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500		
1 : 1 : 1	1.24	1.34	1.21	2.89	6.68	1.67
0 : 2 : 1	1.29	1.36	2.01	1.25	5.91	1.48
2 : 0 : 1	1.21	1.34	1.30	1.24	5.09	1.27
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ข.3-2 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของร้อยละการระเหิด

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พิมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว				รวม	เฉลี่ย
	กานพลู : อบเชย : ยางบก					
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500		
1 : 1 : 1	38.15	37.15	27.60	42.72	15.62	36.41
0 : 2 : 1	50.01	47.37	37.39	26.51	161.28	40.32
2 : 0 : 1	17.30	48.12	37.17	30.80	133.39	33.35
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ข.3-3 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของค่าความแข็ง

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พืชมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว				รวม	เฉลี่ย
	กานพลู : อบเชย : ยางบก					
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500		
1 : 1 : 1	22.43	34.63	36.59	30.36	124.01	31.00
0 : 2 : 1	18.33	16.29	22.16	24.43	81.21	20.30
2 : 0 : 1	67.43	44.68	35.53	58.05	205.69	51.42
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ข.3-4 การเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison ของปริมาณสารยูจินอล

อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น พืชมเสน : การบูร : ตะไคร้หอม	พืชให้สารเหนียว				รวม	เฉลี่ย
	กานพลู : อบเชย : ยางบก					
	1 : 1 : 0.125	1 : 1 : 0.250	1 : 1 : 0.375	1 : 1 : 0.500		
1 : 1 : 1	60.11	14.80	7.97	61.09	143.97	35.99
0 : 2 : 1	76.16	83.77	12.61	9.46	182.00	45.50
2 : 0 : 1	7.09	51.05	37.96	9.69	105.79	26.45
1.5 : 1.5 : 0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ตัวอย่างการคำนวณ (ค่าความหนาแน่น)

ผลรวมตาม Column ที่ 1 = $1.24+1.34+1.21+2.89 = 6.68$

ผลเฉลี่ยตาม Column ที่ 1 = $1.24+1.34+1.21+2.89/4 = 1.67$

หมายเหตุ การคำนวณค่าความหนาแน่น ร้อยละการระเหิด ค่าความแข็ง และปริมาณสารยูจินอล มีลักษณะการคำนวณคล้ายกัน ดังตารางที่ ข.3-1 ข.3-2 ข.3-3 และ ข.3-4

ตารางที่ ข.3-5 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลืนของค่าความหนาแน่น

การเปรียบเทียบ	ผลรวมอัตราส่วน				$\sum c_{ij}^2$	L_i	SS
ระหว่างอัตราส่วน	1 : 1 : 1	0 : 2 : 1	2 : 0 : 1	1.5 : 1.5 : 0			
	6.68	5.91	5.90	0.00			
1:1:1 vs 0:2:1	1	-1	0	0	2	0.77	0.07
1:1:1 vs 2:0:1	1	0	-1	0	2	0.78	0.08
1:1:1 vs 1.5:1.5:0	1	0	0	-1	2	6.68	5.58
0:2:1 vs 2:0:1	0	1	-1	0	2	0.01	1.25×10^{-5}
0:2:1 vs 1.5:1.5:0	0	1	0	-1	2	5.91	4.37
2:0:1 vs 1.5:1.5:0	0	0	1	-1	2	5.90	4.35

ตารางที่ ข.3-6 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลืนของค่าร้อยละ

การระเหิด

การเปรียบเทียบ	ผลรวมอัตราส่วน				$\sum c_{ij}^2$	L_i	SS
ระหว่างอัตราส่วน	1 : 1 : 1	0 : 2 : 1	2 : 0 : 1	1.5 : 1.5 : 0			
	145.62	161.28	133.39	0.00			
1:1:1 vs 0:2:1	-1	1	0	0	2	15.66	30.65
1:1:1 vs 2:0:1	1	0	-1	0	2	12.23	18.70
1:1:1 vs 1.5:1.5:0	1	0	0	-1	2	145.62	2,650.65
0:2:1 vs 2:0:1	0	1	-1	0	2	27.89	97.23
0:2:1 vs 1.5:1.5:0	0	1	0	-1	2	161.28	3,251.40
2:0:1 vs 1.5:1.5:0	0	0	1	-1	2	133.39	2,224.11

ตารางที่ ข.3-7 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นของค่าความแข็ง

การเปรียบเทียบ	ผลรวมอัตราส่วน				$\sum C_{ij}^2$	L_i	SS
ระหว่างอัตราส่วน	1 : 1 : 1	0 : 2 : 1	2 : 0 : 1	1.5 : 1.5 : 0			
	124.01	81.21	205.69	0.00			
1:1:1 vs 0:2:1	-1	1	0	0	2	42.8	228.98
1:1:1 vs 2:0:1	1	0	-1	0	2	81.68	833.95
1:1:1 vs 1.5:1.5:0	1	0	0	-1	2	124.01	1,922.31
0:2:1 vs 2:0:1	0	1	-1	0	2	124.48	1,936.91
0:2:1 vs 1.5:1.5:0	0	1	0	-1	2	81.21	824.38
2:0:1 vs 1.5:1.5:0	0	0	1	-1	2	205.69	5,288.55

ตารางที่ ข.3-8 การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่นของปริมาณ
สารยูจินอล

การเปรียบเทียบ	ผลรวมอัตราส่วน				$\sum C_{ij}^2$	L_i	SS
ระหว่างอัตราส่วน	1 : 1 : 1	0 : 2 : 1	2 : 0 : 1	1.5 : 1.5 : 0			
	143.97	182.00	105.79	0.00			
1:1:1 vs 0:2:1	-1	1	0	0	2	38.03	180.79
1:1:1 vs 2:0:1	1	0	-1	0	2	38.18	182.21
1:1:1 vs 1.5:1.5:0	1	0	0	-1	2	143.97	2,590.92
0:2:1 vs 2:0:1	0	1	-1	0	2	76.21	725.99
0:2:1 vs 1.5:1.5:0	0	1	0	-1	2	182.00	4,140.50
2:0:1 vs 1.5:1.5:0	0	0	1	-1	2	105.79	1,398.94

จากตารางที่ ข.3-5 จะเห็นว่าในการเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น จะมี
คำถามอยู่ 6 คำถาม คือ

1. อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นดีกว่าอัตราส่วน 0:2:1 หรือไม่
2. อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นดีกว่าอัตราส่วน 2:0:1 หรือไม่

3. อัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 หรือไม่
4. อัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นดีกว่าอัตราส่วน 2:0:1 หรือไม่
5. อัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 หรือไม่
6. อัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 หรือไม่

หมายเหตุ ลักษณะคำถามของตารางที่ ข.3-5 จะมีลักษณะคล้ายกับคำถามของตารางที่ ข.3-6 ข.3-7 และ ข.3-8

ตัวเลข 0, 1 และ -1 ในช่องผลรวมของตัวประสาน (Column) เรียกว่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient, C) สร้างจากมูลฐานในการเปรียบเทียบตามข้อ 1-6 เพื่อให้การเปรียบเทียบในแต่ละคู่มีความยุติธรรม นั่นคือผลรวมของสัมประสิทธิ์ของแต่ละคำถามต้องเป็นศูนย์ เช่น

$$(+1)X_1 + (-1)X_1 = (1)(6.68) + (-1)(5.91) = 0.77$$

ตัวเลข 0.77 คือความแตกต่างของค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรระหว่างอัตราส่วน 1:1:1 กับ 0:2:1

ตัวอย่างการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วน 1:1:1 กับ 0:2:1 (ค่าความหนาแน่น)

1. การคำนวณผลรวมกำลังสองของ C

$$\sum C_{ij}^2 = (1)^2 + (1)^2 = 2$$

2. คำนวณผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบ

$$L_i = (1)(6.68) + (-1)(5.91) = 0.77$$

3. การคำนวณ SS

$$SS = \frac{L_i^2}{n \sum C_{ij}^2} = ((0.77)^2 / (4)2) = 0.07$$

หมายเหตุ การคำนวณหาค่า ร้อยละการระเหิด ความแข็ง และปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรของการทดลองอื่นมีลักษณะคล้ายกัน ดังตารางที่ ข.3-6 ข.3-7 และ ข.3-8

ตารางที่ ข.3-9 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของค่าความหนาแน่นเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean of Square (MS)	F	F _{0.1}
อัตราส่วน	3	6.68			
1:1:1 vs 0:2:1	1	0.07	0.07	0.35	3.18
1:1:1 vs 2:0:1	1	0.08	0.08	0.40	3.18
1:1:1 vs 1.5:1.5:0	1	5.58	5.58	27.90*	3.18
0:2:1 vs 2:0:1	1	1.25×10^{-5}	1.25×10^{-5}	6.25×10^{-5}	3.18
0:2:1 vs 1.5:1.5:0	1	4.37	4.37	21.85*	3.18
2:0:1 vs 1.5:1.5:0	1	4.35	4.35	21.75*	3.18
Error	12	2.40	0.20		
Total	21	9.22			

เมื่อเปรียบเทียบชนิดอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น คือ 1:1:1 vs 1.5:1.5:0, 0:2:1 vs 1.5:1.5:0 และ 2:0:1 vs 1.5:1.5:0 ซึ่งแสดงในตารางการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 1:1:1 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.67 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-1)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 0:2:1 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.48 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-1)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 2:0:1 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 1.27 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-1)

ตารางที่ ข.3-10 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของร้อยละการระเหิดเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean of Square (MS)	F	F _{0.1}
อัตราส่วน	3	4,136.37			
1:1:1 vs 0:2:1	1	30.65	30.65	0.38	3.18
1:1:1 vs 2:0:1	1	18.70	18.70	0.23	3.18
1:1:1 vs 1.5:1.5:0	1	2,650.65	2,650.65	33.11*	3.18
0:2:1 vs 2:0:1	1	97.23	97.23	1.21	3.18
0:2:1 vs 1.5:1.5:0	1	3,251.40	3,251.40	40.61*	3.18
2:0:1 vs 1.5:1.5:0	1	2,224.11	2,224.11	27.78*	3.18
Error	12	960.76	80.06		
Total	21	5,097.13			

เมื่อเปรียบเทียบชนิดอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น คือ 1:1:1 vs 1.5:1.5:0, 0:2:1 vs 1.5:1.5:0 และ 2:0:1 vs 1.5:1.5:0 ซึ่งแสดงในตารางการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 1:1:1 มีค่าร้อยละการระเหิดเฉลี่ยเท่ากับ 36.41 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-2)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 0:2:1 มีค่าร้อยละการระเหิดเฉลี่ยเท่ากับ 40.32 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-2)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 2:0:1 มีค่าร้อยละการระเหิดเฉลี่ยเท่ากับ 33.35 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-2)

ตารางที่ ข.3-11 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของค่าความแข็งเพื่อเปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean of Square (MS)	F	F _{0.1}
อัตราส่วน	3	5,517.54			
1:1:1 vs 0:2:1	1	228.98	228.98	3.63*	3.18
1:1:1 vs 2:0:1	1	833.95	833.95	13.22*	3.18
1:1:1 vs 1.5:1.5:0	1	1,922.31	1,922.31	30.47*	3.18
0:2:1 vs 2:0:1	1	1,936.91	1,936.91	30.71*	3.18
0:2:1 vs 1.5:1.5:0	1	824.38	824.38	13.07*	3.18
2:0:1 vs 1.5:1.5:0	1	5,288.55	5,288.55	83.84*	3.18
Error	12	756.96	63.08		
Total	21	6,274.5			

เมื่อเปรียบเทียบชนิดอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น คือ 1:1:1 vs 0:2:1, 1:1:1 vs 2:0:1, 1:1:1 vs 1.5:1.5:0, 0:2:1 vs 2:0:1, 0:2:1 vs 1.5:1.5:0 และ 2:0:1 vs 1.5:1.5:0 ซึ่งแสดงในตารางการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 1:1:1 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 31.00 มากกว่าอัตราส่วน 0:2:1 เท่ากับ 20.30 ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 0:2:1 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 1:1:1 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 31.00 น้อยกว่าอัตราส่วน 2:0:1 เท่ากับ 51.42 ดังนั้นอัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1:1:1 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 1:1:1 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 31.00 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 0:2:1 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 20.30 น้อยกว่าอัตราส่วน 2:0:1 เท่ากับ 51.42 ดังนั้นอัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 0:2:1 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 0:2:1 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 20.30 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 2:0:1 มีค่าความแข็งแรงเฉลี่ยเท่ากับ 51.42 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 2:0:1 ให้ผลการทดลองที่มีค่าความแข็งแรงของลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-3)

ตารางที่ ข.3-12 ผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรเพื่อ
เปรียบเทียบระหว่างอัตราส่วนของวัสดุให้กลิ่น

Sort of variance (SOV)	Degree of freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean of Square (MS)	F	F _{0.1}
อัตราส่วน	3	4,609.68			
1:1:1 vs 0:2:1	1	180.79	180.79	0.25	3.18
1:1:1 vs 2:0:1	1	182.21	182.21	0.25	3.18
1:1:1 vs 1.5:1.5:0	1	2,590.92	2,590.92	3.60	3.18
0:2:1 vs 2:0:1	1	725.99	725.99	1.01	3.18
0:2:1 vs 1.5:1.5:0	1	4,140.50	4,140.50	5.76*	3.18
2:0:1 vs 1.5:1.5:0	1	1,398.94	1,398.94	1.95	3.18
Error	12	8,624.53	718.71		
Total	21	13,234.21			

เมื่อเปรียบเทียบชนิดอัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น คือ 1:1:1 vs 1.5:1.5:0 และ 0:2:1 vs 1.5:1.5:0 ซึ่งแสดงในตารางการเปรียบเทียบแบบ Orthogonal comparison

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 1:1:1 มีค่าปริมาณสารยูจินอลเฉลี่ยเท่ากับ 35.99 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 1:1:1 ให้ผลการทดลองที่มีปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-4)

- อัตราส่วนโดยวัสดุให้กลิ่น 0:2:1 มีค่าปริมาณสารยูจินอลเฉลี่ยเท่ากับ 45.50 มากกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 เท่ากับ 0.00 ดังนั้นอัตราส่วน 0:2:1 ให้ผลการทดลองที่มีปริมาณสารยูจินอลในลูกหอมสมุนไพรดีกว่าอัตราส่วน 1.5:1.5:0 (รายละเอียดการคำนวณค่าเฉลี่ยดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข.3-4)

การคำนวณ (ค่าความหนาแน่น)

1. Error df $= 21 - (3 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) = 12$
2. Error SS $= 9.22 - 6.68 = 2.40$
3. Error MS $= \text{Error SS} / \text{Error df}$
 $= 2.40 / 12 = 0.20$
4. F $= 0.07 / 0.2$
 $= 0.35$

ข.4 การคำนวณค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพร

ตัวอย่างการคำนวณการทดลองที่ A1

จากข้อมูลในตาราง

$$\text{น้ำหนักของลูกหอมสมุนไพร (m}_s\text{)} = 32.91 \text{ g}$$

$$\text{ปริมาตรของลูกหอมสมุนไพร (V}_s\text{)} = 3.83 \text{ mL}$$

$$\begin{aligned} \text{จาก } \rho &= m_s / V_s \\ &= 32.91 \text{ g} / 3.83 \text{ mL} \\ &= 1.24 \text{ g/mL} \end{aligned}$$

หมายเหตุ การคำนวณหาค่าความหนาแน่นของลูกหอมสมุนไพรที่การทดลองอื่นมีลักษณะคล้ายกับการหาค่าความหนาแน่นของการทดลอง A1

ข. 5 การคำนวณค่าร้อยละการระเหิดของลูกหอมสมุนไพร

ตัวอย่างการคำนวณการทดลองที่ A1

จากข้อมูลในตาราง

$$\text{น้ำหนักครั้งที่ 1} = 10.41 \text{ g}$$

$$\text{น้ำหนักครั้งที่ 2} = 6.43 \text{ g}$$

จาก ร้อยละการระเหิด (%) ของลูกหอมสมุนไพร

$$= ((\text{น้ำหนักครั้งที่ 1} - \text{น้ำหนักครั้งที่ 2}) / (\text{น้ำหนักครั้งที่ 1})) \times 100$$

$$= ((10.41 - 6.43) / (10.41)) \times 100$$

$$= 38.15$$

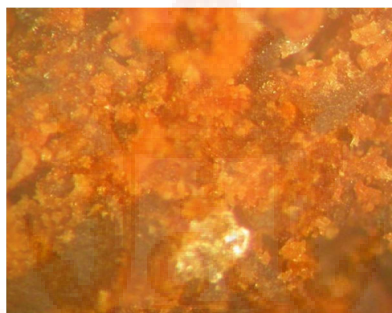


ภาคผนวก ค

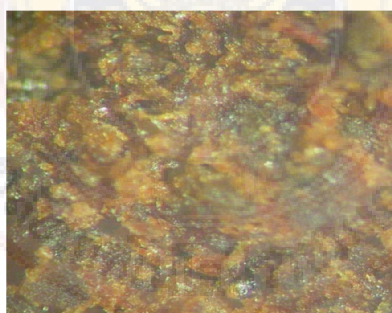
การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพรมะนาว

บทนี้จะกล่าวถึงการตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพรมะนาว เพื่อศึกษารอย
แตกร้าวของวัสดุโดยใช้กล้องจุลทรรศน์

ค.1 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพรมะนาวที่อัตราส่วนวัสดุให้กลั่น 1:1:1



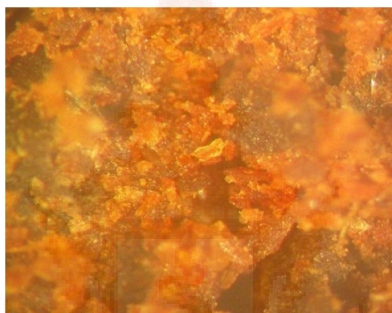
รูปที่ ค.1 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมะนาวที่การทดลอง A1



รูปที่ ค.2 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมะนาวที่การทดลอง A2

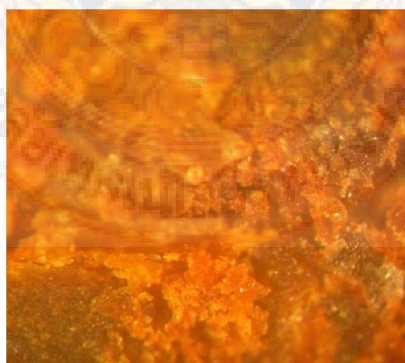


รูปที่ ค.3 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมีการทดลอง A3

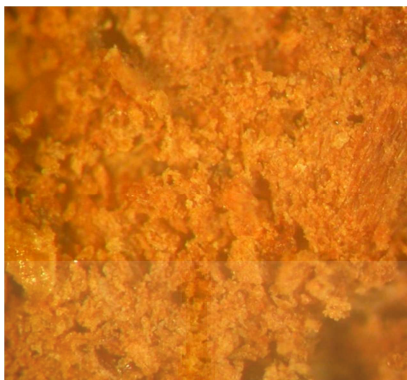


รูปที่ ค.4 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมีการทดลอง A4

ค.2 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพรมีอัตราส่วนวัสดุให้กลืน 0 : 2 : 1



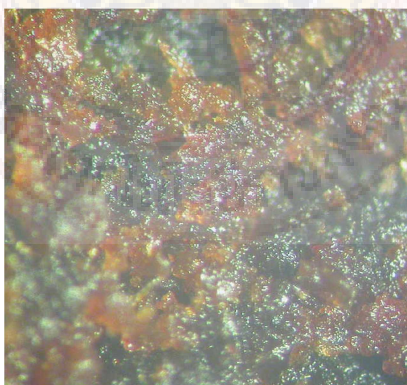
รูปที่ ค.5 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมีการทดลอง A5



รูปที่ ค.6 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรที่การทดลอง A6

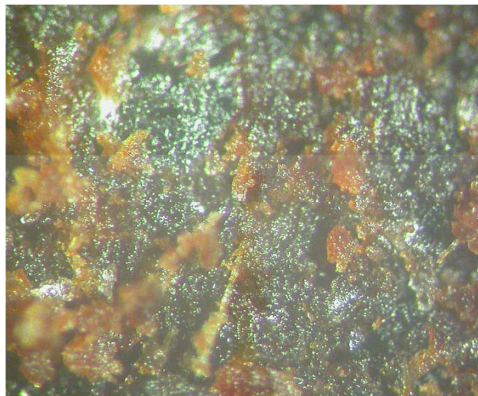


รูปที่ ค.7 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรที่การทดลอง A7

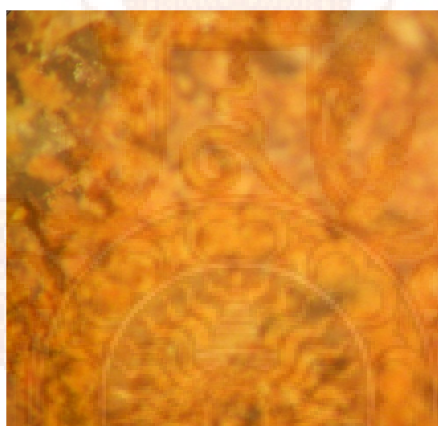


รูปที่ ค.8 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรที่การทดลอง A8

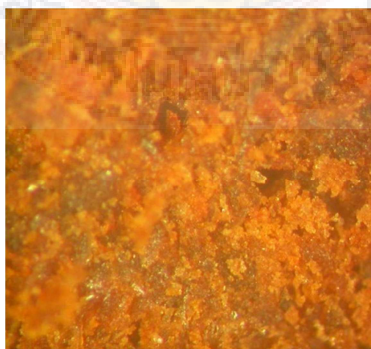
ค.3 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคของลูกหอมสมุนไพรมีอัตราส่วนวัสดุให้กลั่น 2 : 0 : 1



รูปที่ ค.9 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมีการทดลอง A9



รูปที่ ค.10 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมีการทดลอง A10



รูปที่ ค.11 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรมีการทดลอง A11



รูปที่ ค.12 โครงสร้างทางจุลภาคด้านในของลูกหอมสมุนไพรที่การทดลอง A12



ภาคผนวก ง

ความน่าจะเป็นแบบเอฟ $\alpha = 0.1$ ($F_{0.1}$)

ตารางที่ ง.1 ความน่าจะเป็นแบบเอฟ

$\begin{matrix} \theta_1 \\ \theta_2 \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86
2	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38
3	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24
4	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94
5	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32
6	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96
7	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72
8	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56
9	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44
10	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35
11	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27
12	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.23	2.28	2.24	2.21
13	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16
14	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

- ชื่อ นางปทุมทิพย์ ปราบพาล
Mrs. Pathumthip Prabphane
- รหัสนักวิจัย 00012505
- ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
- หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
โทรศัพท์ 0 2287 9734, 0 2286 3991 – 5, 1210, 1201 โทรสาร 0 2287 9734
e-mail : pthumthip.t@mutk.ac.th, tpathumthip@hotmail.com, tpathumthip@yahoo.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อ ปริญญา และชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบัน การศึกษา	ประเทศ
2545	เอก	วศ.ด. วิศวกรรมศาสตรดุษฎี บัณฑิต	วิศวกรรมเคมี	วิศวกรรมเคมี	มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอม เกล้าธนบุรี	ไทย
2538	โท	วท.ม. วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต	เคมีเทคนิค	เคมีเทคนิค	จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย	ไทย
2531	ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตร์บัณฑิต	เคมี	เคมี	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่	ไทย

- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
การดูดซับ การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด
- ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุ
สถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัย
ในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

-

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

ลำดับที่	ชื่อโครงการวิจัย	แหล่งทุน	ปีงบประมาณ
1	การพัฒนาระถางต้นไม้จากไยมะพร้าว	เครือข่ายงานวิจัยภาคกลาง ตอนล่าง	2547
2	การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา	งบประมาณผลประโยชน์	2548
3	กระถางต้นไม้ช่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	งบประมาณผลประโยชน์	2548
4	การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ	งบประมาณผลประโยชน์	2548
5	กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	งบประมาณแผ่นดิน	2548
6	สกัดสารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรด้วย คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด	งบประมาณแผ่นดิน	2549
7	การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา	งบประมาณแผ่นดิน	2550
8	การพัฒนาการผลิตน้ำอบไทย	งบประมาณแผ่นดิน	2551
9	การพัฒนาวีธีการอบควันเทียน	งบประมาณผลประโยชน์	2551
10	การสกัดน้ำมันจากเมล็ดชะมดต้น (<i>Hibiscus abelmoschus</i> Linn.)	งบประมาณแผ่นดิน	2552
11	การผลิตธูปหอมจากสารธรรมชาติเพื่อศึกษาสารก่อ มะเร็งในควันธูป	งบประมาณแผ่นดิน	2554
12	การผลิตลูกหอมสมุนไพรไล่แมลงและขจัดกลิ่นอับ	งบประมาณแผ่นดิน	2555

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึงและจิรพล กลิ่นบุญ. “การพัฒนาระถางต้นไม้จากไยมะพร้าว” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเครือข่ายภูมิภาคกลางตอนล่าง ประจำปีงบประมาณ 2547.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง. “การสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดา” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึง, มาริสา จินะดิษฐ์ และ วราภรณ์ ณะกุลรังสรรค์. “การผลิตกระถางเพาะชำจากธรรมชาติ” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

สุรัตน์ บุญพึง และปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง. “การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากทองพันชั่ง” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

พรประสิทธิ์ คงบุญ, ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง, มณฑล ชูโซนา และสมจิตร สุขสวัสดิ์. “การกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณ ผลประโยชน์ ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง, สุรัตน์ บุญพึง, มาริสา จินะดิษฐ์, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วงสะจันทานนท์. “กระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2548.

ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง, โสริยา ชีโนดม, สุรัตน์ บุญพึง, มาริสา จินะดิษฐ์, ไชยยันต์ ไชยยะ และฉันทมณี วงสะจันทานนท์. “กระถางต้นไม้ช่วยจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2548.

มาริสา จินะดิษฐ์ และปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง. “การผลิตกระถางต้นไม้จากเศษใบไม้” (ผู้ร่วมวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2549.

ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง และมาริสา จินะดิษฐ์. “สกัดสารออกฤทธิ์จากฟ้าทะลายโจรด้วย คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2549.

ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, ไชยยันต์ ไชยยะ และชัชวาลย์ สุขมัน. “การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2550.

ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง และนันทวัน กลิ่นจำปา. “พัฒนาการผลิตน้ำอบไทย” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2551

ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง, นันทวัน กลิ่นจำปา และไชยยันต์ ไชยยะ. “การพัฒนาวิธีการอบควันเทียน” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณผลประโยชน์ ปี 2551

ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง และนันทวัน กลิ่นจำปา. “การสกัดน้ำมันจากเมล็ดชะมดต้น (*Hibiscus abelmoschus* Linn.)” (หัวหน้าโครงการ) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2552

ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง, ชัยศรี ธาราสวัสดิ์พิพัฒน์, ขนิษฐา เจริญลาภ, อรุณี สุรัตน์ พิพิธ, สุชาติ วิเชียรสรรค์, วรณดี แสงดี, สมรรถ ปรีกลาง, ทวีป ณ ระนอง, ยุทธการ ชันเงิน, ดารานัย รบเมือง, จิตตานันท์ รังสิมันตุชาติ, เบญจภรณ์ ประภักดี, งามอาจ พฤกษ์ประมุข, เจนจิรา รุธิโรโก, จุฑาธิป อยู่เย็น, ศรินธร สุกสอาด และกมลพร จุดจางสิน “การจัดการน้ำเสียเชิงบูรณาการในตลาดน้ำอโยธยา ” (ผู้ร่วมงานวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2553

International Journal

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P. and Luewisuttichat, W., Wittaya Teppaitoon and La-eid Pengsopa. 2004. “Nimbin Extraction from Neem Seeds using Supercritical CO₂ and a Supercritical CO₂ -Methanol Mixture” **Journal of Supercritical fluids**. 30: 287-301. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P. and Luewisuttichat, W. 2001. “Supercritical CO₂ Extraction of Nimbin from Neem Seeds-an Experimental Study” **Journal of Food Engineering**. 47: 289-293. (ผู้วิจัย)

International & Regional Conference

Tonthubthimthong, P., Ajchariyapagorn, A., Douglas, S., Douglas, P. L. and Pongamphai, S. 2005. “Simulation of Nimbin Extraction by Using Aspen Plus” **the 88th Canadian Chemistry Conference and Exhibition**. May 28-June 1. Saskatoon Centennial Convention Centre Saskatoon Saskatchewan Canada. (ผู้ร่วมวิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chinadit, M., Boonpung, S., Supanya, C., Tanuwong, S. and Tanakulrungsank, W. 2005. “Cultivate Flowerpot Production from Agricultural Waste Materials”, **The 3rd EMSES International Symposium Eco-Energy and Material Science and Engineering Symposium**. April 6-9. Lotus Hotel Pang Suan Kaew Chiangmai Thailand. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon, W. and Pengsopa, L. 2002. “Nimbin Extraction from Neem Seed using Supercritical CO₂ and a Supercritical CO₂ – Methanol Mixture” **International Conference on Innovations in Food Processing Technology and Engineering**. December 11 – 13. AIT Thailand. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S., Douglas, P., Luewisuttichat, W., Teppaitoon W. and Pengsopa, L. 2001. “Effect of Particle Size, Methanol:CO₂ Ratio and Temperature on Nimbin Extraction from Neem Seeds using Supercritical CO₂” **Canadian Society for Chemical Engineering 2001 Conference**. October 17. Halifax Nova Scotia Canada. (ผู้วิจัย)

Tonthubthimthong, P., Chuaprasert, S. and Luewisuttichat, W. 1999. “Extraction of Medicinal Substances from Neem Seeds using Supercritical Fluid

Extraction-A Preliminary Study” **Regional Symposium on Chemical Engineering 1999.**
November 22-24. B.P. Smilar Beach Hotel Songkla Thailand. (ผู้วิจัย)

Local Conference

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง นันทวัน กลิ่นจำปาและอนุพันธ์ ดอนชัย. 2552. “การพัฒนาการผลิตน้ำอบไทยด้วยชุดอุปกรณ์ดูดควันเครื่องร่ำ” **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิชาการ ครั้งที่ 3 “การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในยุคเศรษฐกิจสร้างสรรค์”.** 24-26 พฤศจิกายน 2553. ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพฯ.

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง และนันทวัน กลิ่นจำปา. 2552. “การพัฒนาการผลิตน้ำอบไทย” **การประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 4. “ทรัพยากรไทย : ผืนสู่วิถีใหม่ในฐานไทย”.** 20-22 ตุลาคม 2552. สวนสัตว์เปิดเขาเขียว ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา. จังหวัดชลบุรี. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง นันทวัน กลิ่นจำปาและไชยยันต์ ไชยยะ. 2552. “การดูดซับควันเครื่องร่ำด้วยถ่านกัมมันต์” **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิชาการ ครั้งที่ 2 “งานวิจัยที่เน้นการปฏิบัติจริง จากมหาวิทยาลัยสู่สังคม”.** 23-28 สิงหาคม 2552. โรงแรมฮอลิเดย์ อินน์ จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง. 2551. “การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากไม้กฤษณา” **มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิชาการ ครั้งที่ 1 “ถ่ายทอดงานวิจัยสู่สังคม เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน”.** 27-29 สิงหาคม. โรงแรมธรรมรินทร์ ธนา จังหวัดตรัง. (ผู้วิจัย)

เจษฎา มณีพงษ์สวัสดิ์, สุชาติ วาสิกบุตร, ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง และมาริสา จินะดิษฐ์. 2550. “การสกัดสารออกฤทธิ์ทางยาจากฟ้าทะลายโจรด้วยคาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด” **การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 45 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** 30 มกราคม - 2 กุมภาพันธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, มาริสา จินะดิษฐ์, สุรัตน์ บุญพึง, วราภรณ์ ธนะกุลรังสรรค์, ธิติรัตน์ มานิตย์ และอุษาวดี ไ้มั่ง. 2548. “การผลิตกระถางต้นไม้จากวัสดุเหลือใช้ทางเกษตร” **การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21.** 28-30 มีนาคม. โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้วิจัย)

ชัชวาลย์ สุขมัน, ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, กฤษณ์ หวังเจริญกุลชัย และ คมเดช งามสมจิตร. 2548. “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไวน์สละระแนง” **การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 21.** 28-30 มีนาคม. โรงแรมเชียงใหม่ภูคำ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. (ผู้ร่วมวิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, จุฬาลักษณ์ จีระรัตนกุล และ ประทุมรัตน์ แสนพล. 2547. “การปรับปรุงคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังโดยการตัดแปรแป้งด้วยสารโซเดียมไธโพลีฟอสเฟต” การประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 20. 11-13 กุมภาพันธ์. โรงแรมอมรินทร์ ลาภูน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และละเอียด เพ็งโสภา. 2546. “การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวดและคาร์บอนไดออกไซด์-เมทานอลวิกฤตยิ่งยวด” การประชุมวิชาการและงานแสดงผลผลิตภัณฑ์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29. 20-22 ตุลาคม. ศูนย์ประชุมเอนกประสงค์กาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ, วิไล ลือวิสุทธิชาติ, วิทยา เทพไพฑูรย์ และ ละเอียด เพ็งโสภา. 2545. “การสกัดนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด : ผลของขนาดอนุภาค, อัตราส่วนระหว่างเมทานอลต่อคาร์บอนไดออกไซด์ และอุณหภูมิ” การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 12. 8-9 พฤศจิกายน. โรงแรมโซล ทวิน ทาวเวอร์ กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง, สุภาภรณ์ เชื้อประเสริฐ และ วิไล ลือวิสุทธิชาติ. 2543. “การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารนิมบินจากเมล็ดสะเดาโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์วิกฤตยิ่งยวด” การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10. 26-28 ตุลาคม. ไบเทค บางนา กรุงเทพฯ. (ผู้วิจัย)

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง และนันทวัน กลิ่นจำปา “การผลิตธูปหอมจากสารธรรมชาติเพื่อศึกษาสารก่อมะเร็งในควันธูป ” (หัวหน้าโครงการ)ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปี 2554 ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 90 %

ปทุมทิพย์ ต้นทับทิมทอง และชนิษฐา เจริญลาภ “การมีส่วนร่วมระหว่างชุมชนและโรงเรียนในการอนุรักษ์แหล่งน้ำ ” (ผู้ร่วมงานวิจัย) ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ทำการวิจัยลุล่วงแล้วประมาณ 90 %

ประวัติผู้ร่วมงานวิจัย

1. ชื่อ นางนันทวัน กลิ่นจำปา
Mrs Nantaone Klinjumpa
2. รหัสประจำตัวนักวิจัย 09-65536
3. ตำแหน่งปัจจุบัน
 - 3.1 ทางด้านวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
 - 3.2 ทางด้านบริหาร หัวหน้าศูนย์วัฒนธรรมราชชมงคลกรุงเทพ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ โทรศัพท์ 0 2286 3991 – 5 ต่อ 1180
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
แผนกวิชาคหกรรมศาสตร์ทั่วไป คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
โทรศัพท์ 0 2287 3211 – 25 ต่อ 214 โทรสาร 0 22873211-25 ต่อ 214
e-mail : nuntaone@yahoo.com

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อ ปริญญา และชื่อเต็ม	สาขาวิชา	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
2541	โท	M.M. Master of Managemant	การจัดการ	Technology University of Philippines	ฟิลิปปินส์
2520	ตรี	คศ.บ. คหกรรมศาสตร์ ศึกษา	คหกรรมศาสตร์ทั่วไป	สถาบันเทคโนโลยี ราชมงคล	ไทย

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ

การทำเครื่องหอมไทย ภูมิปัญญาไทย

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ : ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงาน

-

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

-

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และ สถานภาพในการทำวิจัย

ประไพศรี สงวนวงศ์ และนันทวัน กลิ่นจำปา, 2543, พฤติกรรมการซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคของประชาชนในภาวะเศรษฐกิจถดถอย, ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ประจำปีงบประมาณ 2543, (ผู้ร่วมวิจัย)

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อเรื่อง ปีที่พิมพ์ และสถานภาพในการทำวิจัย

-

