บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการทดลอง 1 ผลการทดสอบพันธุ์กระเทียมที่มีคุณค่าทางโภชนเภสัชสูงสำหรับปลูกบนพื้นที่สูง

ดำเนินการทดสอบใน 3 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่บ้านป่าพลู อ.บ้านโฮ่ง จ.ลำพูน (แหล่งพื้นที่ปลูกกระเทียม) ที่ระดับความสูง 400 MSL พื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ อ.กัลยานิวัฒนา จ.เชียงใหม่ ที่ระดับความสูง 900 MSL และพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงบ้านป่าเกี๊ยะใหม่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ ที่ระดับความสูง 1,100 MSL โดยสุ่มเก็บตัวอย่างแปลงทดสอบตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีดิน ดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน<u>ก่อนปลูก</u>จากแปลงทดสอบพันธุ์กระเทียมที่มีคุณค่าทางโภชนเภสัชสูงสำหรับปลูกบนพื้นที่สูง 3 ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล

พื้นที่ทดสอบ	Total N g/100g	Available P mg/kg	Available K % (wt)	pH	OM (%)
บ้านป่าพลู อ.บ้านโฮ่ง จ.ลำพูน (ระดับความสูง 400 MSL)	0.15	8.79	68.22	4.74	2.38
บ้านวัดจันทร์ อ.กัลยานิวัฒนา จ.เชียงใหม่ (ระดับความสูง 900 MSL)	0.21	110.99	166.19	5.76	3.34
บ้านป่าเกี๊ยะใหม่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ (ระดับความสูง 1,100 MSL)	0.21	81.27	236.79	6.70	4.19

จากตาราง 1 พบว่า ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ของตัวอย่างดินทั้ง 3 พื้นที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.15 – 0.21 g/100g ซึ่งดินจากพื้นที่ระดับต่ำ (บ้านป่าพลู) มีปริมาณไนโตรเจนต่ำสุดที่ 0.15 g/100g สำหรับดินจากพื้นที่ระดับความสูง 900 และ 1,1000 MSL มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากันที่ 0.21 g/100g จากผลของปริมาณไนโตรเจนในดินทั้ง 3 พื้นที่ ถือว่าในระดับที่ต่ำ

ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน (Available P) พบว่าดินพื้นที่ 400 MSL มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำสุดที่ 8.79 mg/kg ซึ่งถือว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่ระดับต่ำ สำหรับพื้นที่ระดับ 900 MSL มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุดที่ 110.99 mg/kg (ดินมีฟอสฟอรัสในระดับสูงมาก)

ปริมาณโพเทสเซียมในดิน (Available K) อยู่ในช่วง 68.22-236.79 mg/kg อยู่ในระดับต่ำ-สูงมาก ดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมในระดับต่ำ (68.22 % mg/kg) คือ พื้นที่ระดับ 400 MSL รองลงมาได้แก่ ดินพื้นที่ระดับ 900 MSL มีค่า 166.19 mg/kg (ระดับสูง) สำหรับดินพื้นที่ระดับ 1,100 MSL มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมสูงมากที่ 236.79 mg/kg (ระดับสูงมาก)

ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของดินพบว่า อยู่ในช่วง 4.74– 6.70 โดยดินจากพื้นที่ระดับ 400 MSL มีค่าเป็นกรดจัดมาก (pH=4.74) ซึ่ง pH ดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกกระเทียมควรเป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid) ช่วง 6.1- 6.5 ถึงเป็นกลาง (neutral) 6.6-7.3 ถือว่าเป็นสภาพที่ธาตุอาหารในดินสามารถละลายน้ำได้ดีและเป็นประโยชน์ต่อกระเทียมมากที่สุด จะเห็นได้ว่าดินพื้นที่ระดับ 1,100 MSL (บ้านป่าเกี๊ยะใหม่) ที่มีค่า pH เหมาะสำหรับการปลูกกระเทียม (pH=6.70)

ค่าอินทรียวัตถุในดิน (OM) อยู่ช่วง 2.38 – 4.19 % (ระดับค่อนข้างสูง-สูงมาก) โดยเฉพาะดินจากพื้นที่ระดับ 1,100 MSL ที่มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูง (4.19 %)

ตาราง 2 ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกระเทียมจำนวน 4 พันธุ์ ที่อายุ 90 วัน (3 เดือน) ปลูกทดสอบที่ 3 ระดับความสูงจากน้ำทะเล ได้แก่ บ้านป่าพลู (400 MSL) บ้านวัดจันทร์ (900 MSL) บ้านป่าเกี๊ยะใหม่ (1,100 MSL)

พันธุ์	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มม.ต่อต้น)		
	(ระดับความสูง 400 MSL)	(ระดับความสูง 900 MSL)	(ระดับความสูง 1,100 MSL)
(1) พันธุ์น้ำปาด จำนวน 2 ตัวอย่าง			
นายชั้น บุญทันมา บ้านใหม่ อ.น้ำปาด จ.อุตรดิตถ์	6.47	6.36	6.54
นายจิตร ก่านสิงห์ บ้านฝาย อ.ปาด จ.อุตรดิตถ์	6.71		
(2) พันธุ์แม่ฮ่องสอน จำนวน 1 ตัวอย่าง			
นายชาตรี ดวงเนตร บ้านนาปลาจาด อ.เมือง แม่ฮ่องสอน จ.แม่ฮ่องสอน	6.28	6.23	6.51
(3) พันธุ์บ้านโฮ่ง จำนวน 1 ตัวอย่าง			
นายแก้วมล แสนใจ บ้านป่าพลู อ.บ้านโฮ่ง จ.ลำพูน	5.66	6.70	6.38
(4) พันธุ์เชียงดาว จำนวน 2 ตัวอย่าง			
นายสุคำ ขัตหลง บ้านห้วยเป้า อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	5.82	6.34	6.87
นายคำอ่อง จองใจ บ้านเมืองนะ อ.เชียงดาว จ. เชียงใหม่	5.88	6.41	6.35

จากตาราง 2 แสดงให้เห็นว่ากระเทียมพันธุ์เชียงดาว (นายสุคำ ขัตหลง) เมื่อปลูกทดสอบที่ระดับความสูง 1,100 MSL ที่อายุ 90 วันหลังปลูกมีขนาดลำต้นใหญ่สุดที่ 6.87 มม.ต่อต้น รองลงมาคือ พันธุ์น้ำปาด แม่ฮ่องสอน และบ้านโฮ่ง ตามลำดับ สำหรับพื้นที่ระดับ 400 MSL พบว่ากระเทียมพันธุ์น้ำปาดมีการเจริญเติบโตดีที่สุด สำหรับที่ระดับความสูง 900 MSL กระเทียมทั้ง 4 พันธุ์มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 6.23-6.70 มม.ต่อต้น

ตาราง 3 ข้อมูลลักษณะสัณฐานวิทยาของกระเทียม 4 พันธุ์ ปลูกทดสอบที่แตกต่างกัน 3 ระดับความสูงจากน้ำทะเล ได้แก่ บ้านป่าพลู (400 MSL) บ้านวัดจันทร์ (900 MSL) บ้านป่าเกี๊ยะใหม่ (1,100 MSL)

พันธุ์/พื้นที่ปลูก	ขนาดหัว (ซม.) (เส้นผ่าศูนย์กลาง/หัว)	น้ำหนัก/หัว (กรัม)	จำนวนกลีบ/หัว (กลีบ)	จำนวนชั้นของเปลือกหุ้มกลีบ (ชั้น)	ขนาดกลีบ(ซม.) (ความสูง x ความกว้างด้านข้าง x ความกว้างด้านนอกถึงด้านใน)
(1) พันธุ์น้ำปาด					
ระดับความสูง 400 MSL	3.62	13.8	17	4	1.69x1.31x0.87
ระดับความสูง 900 MSL	3.17	10.2	14	4	1.83x1.15x0.77
ระดับความสูง 1,100 MSL	3.56	15.2	14	4	1.94x1.22x0.87
(2) พันธุ์แม่ฮ่องสอน					
ระดับความสูง 400 MSL	3.51	15.2	13	4	2.19x1.31x0.80
ระดับความสูง 900 MSL	3.33	12.8	15	4	1.78x1.18x0.83
ระดับความสูง 1,100 MSL	3.45	15.4	15	4	1.71x1.22x0.84

พันธุ์/พื้นที่ปลูก	ขนาดหัว (ซม.) (เส้นผ่าศูนย์กลาง/หัว)	น้ำหนัก/หัว (กรัม)	จำนวนกลีบ/หัว (กลีบ)	จำนวนชั้นของเปลือกหุ้มกลีบ (ชั้น)	ขนาดกลีบ(ซม.) (ความสูง x ความกว้างด้านข้าง x ความกว้างด้านนอกถึงด้านใน)
(3) พันธุ์บ้านโฮ่ง					
ระดับความสูง 400 MSL	3.76	15.8	14	4	1.91x1.26x0.91
ระดับความสูง 900 MSL	3.53	15.2	14	4	2.06x1.30x0.83
ระดับความสูง 1,100 MSL	3.40	14.0	13	4	1.83x1.27x0.81
(4) พันธุ์เชียงดาว					
ระดับความสูง 400 MSL	3.68	13.6	14	4	2.17x1.21x0.77
ระดับความสูง 900 MSL	3.59	16.0	15	4	1.76x1.17x0.84
ระดับความสูง 1,100 MSL	3.66	16.4	15	4	1.72x1.21x0.88

จากตาราง 3 พบว่า พันธุ์บ้านโฮ่งเมื่อปลูกที่ระดับความสูง 400 MSL มีขนาดหัวพันธุ์ใหญ่สุด คือ 3.76 เซนติเมตรต่อหัว น้ำหนักหัวเฉลี่ย 15.8 กรัม และที่ระดับความสูงพื้นที่ 900-1,100 MSL พันธุ์เชียงดาวมีน้ำหนักหัวเฉลี่ยสูงสุดที่ 16.0-16.4 กรัม

ภาพ1 ลักษณะสัณฐานวิทยาหัวพันธุ์กระเทียม 4 พันธุ์ ปลูกทดสอบที่ 3 ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล

ตาราง 4 ข้อมูลปริมาณสารสำคัญทางเภสัชวิทยา Diallyl disulfide, Diallyl trisulfide และ Flavonoid ในกระเทียม 3 พันธุ์ ปลูกที่ระดับความสูงแตกต่างกัน 3 พื้นที่ ได้แก่ บ้านป่าพลู (400 MSL) บ้านวัดจันทร์ (900 MSL) และบ้านป่าเกี๊ยะใหม่ (1,100 MSL)

ตัวอย่างกระเทียม	Diallyl disulfide mg/kg	Diallyl trisulfide mg/kg	Flavonoid mg/kg
พันธุ์เชียงดาว			
ระดับความสูง 400 MSL	660.13	478.59	289.67
ระดับความสูง 900 MSL	687.59	488.95	297.77
ระดับความสูง 1,100 MSL	701.32	505.42	301.14
พันธุ์น้ำปาด			
ระดับความสูง 400 MSL	595.28	393.02	333.51
ระดับความสูง 900 MSL	620.37	401.36	298.54
ระดับความสูง 1,100 MSL	609.70	411.64	310.23
พันธุ์บ้านโฮ่ง			
ระดับความสูง 400 MSL	727.33	512.84	222.39
ระดับความสูง 900 MSL	711.47	507.52	240.11
ระดับความสูง 1,100 MSL	750.84	523.61	217.74

จากตาราง 4 พบว่า พันธุ์กระเทียมบ้านโฮ่งเมื่อปลูกระดับความสูง 1,100 MSL มีปริมาณ Diallyl disulfide และ Diallyl trisulfide สูงสุดที่ 750.84 mg/kg และ 523.61 mg/kg ตามลำดับ สำหรับสารกลุ่ม Flavonoid ตรวจพบมากในกระเทียมพันธุ์น้ำปาดเมื่อปลูกที่ระดับความสูง 400 MSL ซึ่งมีปริมาณ 333.51 mg/kg

ตาราง 5 ข้อมูลทางเภสัชวิทยาในกระเทียม 3 พันธุ์ ทดสอบที่ระดับความสูงของพื้นที่แตกต่างกัน 3 พื้นที่ ได้แก่ บ้านป่าพลู (400 MSL) บ้านวัดจันทร์ (900 MSL) และบ้านป่าเกี๊ยะใหม่ (1,100 MSL)

ตัวอย่างกระเทียม	Vitamin B1 mg/100g	Vitamin B2 mg/100g	Vitamin C mg/100g	Calcium (Ca) mg/kg	Iron (Fe) mg/kg	Potassium (K) mg/kg	Zinc (Zn) mg/kg
พันธุ์เชียงดาว							
ระดับความสูง 400 MSL	0.105	0.001	Not Detected	276	10.9	7,448	14.2
ระดับความสูง 900 MSL	0.117	0.001	Not Detected	317	10.8	7,114	6.7
ระดับความสูง 1,100 MSL	0.117	Not Detected	Not Detected	277	10.6	6,774	7.7
พันธุ์น้ำปาด							
ระดับความสูง 400 MSL	0.104	0.001	Not Detected	270	9.7	7,170	14.3
ระดับความสูง 900 MSL	0.117	Not Detected	Not Detected	267	10.1	6,619	7.7
ระดับความสูง 1,100 MSL	0.111	0.001	Not Detected	303	11.9	6,179	8.2
พันธุ์บ้านโฮ่ง							
ระดับความสูง 400 MSL	0.101	0.001	Not Detected	274	9.6	7,402	13.0

ตัวอย่างกระเทียม	Vitamin B1 mg/100g	Vitamin B2 mg/100g	Vitamin C mg/100g	Calcium (Ca) mg/kg	Iron (Fe) mg/kg	Potassium (K) mg/kg	Zinc (Zn) mg/kg
ระดับความสูง 900 MSL	0.109	0.001	Not Detected	282	9.3	6,563	8.4
ระดับความสูง 1,100 MSL	0.136	Not Detected	Not Detected	317	10.4	6,752	8.6

จากตาราง 5 ผลการวิเคราะห์สารสำคัญทางเภสัชวิทยาในกระเทียมทั้ง 3 พันธุ์ ที่ปลูกที่ระดับความสูงแตกต่างกัน 3 ระดับ พบว่า มีปริมาณวิตามินบี2 ค่อนข้างต่ำ (0.001 mg/100g หรือตรวจไม่พบ) ไม่พบวิตามินซี แต่ตรวจพบปริมาณธาตุโพแทสเซียมค่อนข้างสูง และตรวจพบวิตามินบี1 ในพันธุ์กระเทียมบ้านโฮ่งเมื่อปลูกที่ระดับความสูง 1,100 MSL ซึ่งมีปริมาณวิตามินบี1 สูงสุดที่ 0.136 mg/100g

ปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) ตรวจพบปริมาณสูงสุดที่ 317 mg/100g ในพันธุ์กระเทียมบ้านโฮ่งและพันธุ์เชียงดาว เมื่อปลูกที่ระดับความสูง 900 MSL และ1,100 MSL

ปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ในกระเทียมทั้ง 3 พันธุ์ ปลูกที่ระดับความสูง 3 ระดับ มีปริมาณธาตุเหล็กใกล้เคียงกัน (9.3-11.88 mg/kg) ซึ่งที่ระดับความสูง 1,100 MSL พันธุ์น้ำปาดมีปริมาณธาตุเหล็กสูงสุดที่ 11.99 mg/kg

สำหรับธาตุโพแทสเซียม (K) และ ธาตุสังกะสี (Zn) พบว่า พันธุ์เชียงดาวเมื่อปลูกที่ระดับความสูง 400 MSL มีปริมาณสูงกว่าปลูกที่ระดับความสูง 1,100 MSL ซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมและสังกะสีสูงสุดที่ 7,448 mg/kg และ 14.2 mg/kg ตามลำดับ นอกจากนี้มีพันธุ์เชียงดาวที่ตรวจพบธาตุสังกะสีในปริมาณสูง (14.3 mg/kg) เมื่อปลูกที่ระดับความสูง 400 MSL เช่นกัน

ผลการทดลอง 2 ผลการทดสอบวิธีการปลูกกระเทียมด้วยปัจจัยการผลิตอินทรีย์สำหรับพื้นที่สูง

<u>ผลการทดลอง 2.1</u> ผลการทดสอบอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพจากไข่สำหรับการปลูกกระเทียมพื้นที่สูง

ปลูกกระเทียมตามแผนการทดสอบ 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่บ้านวัดจันทร์ อ.กัลยานิวัฒนา จ.เชียงใหม่ ที่ระดับความสูง 900 MSL และพื้นที่บ้านป่าเกี๊ยะใหม่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ ที่ระดับความสูง 1,100 MSL ดังภาพ 2-3 ตามลำดับ

ภาพ 2 แปลงทดสอบพื้นที่บ้านวัดจันทร์


ภาพ 3 แปลงทดสอบพื้นที่บ้านป่าเกี๊ยะใหม่

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนปลูก จากแปลงทดสอบอัตราปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพจากไข่ที่เหมาะสมสำหรับผลิตหัวพันธุ์กระเทียมบนพื้นที่สูง

พื้นที่ทดสอบ	Total N g/100g	Available P mg/kg	Available K % (wt)	pH	OM (%)
บ้านวัดจันทร์ อ.กัลยานิวัฒนา จ.เชียงใหม่ (ระดับความสูง 900 เมตรจากระดับน้ำทะเล)	0.21	110.99	166.19	5.76	3.34
บ้านป่าเกี๊ยะใหม่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ (ระดับความสูง 1,100 เมตรจากระดับน้ำทะเล)	0.21	81.27	236.79	6.70	4.19

คุณสมบัติทางเคมีดินของทั้ง 2 พื้นที่ทดสอบ มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำ (0.21 g/100g) แต่มีฟอสฟอรัส (Available P) ปริมาณโพเทสเซียม (Available K) และปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูง โดยเฉพาะพื้นที่บ้านวัดจันทร์ที่มีค่าคุณสมบัติทางเคมีดินที่ดีกว่าพื้นที่บ้านป่าเกี๊ยะใหม่

ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของดิน พบว่า ดินพื้นที่บ้านป่าเกี๊ยะใหม่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ มีค่า pH 6.7 ซึ่งถือว่ามีความเป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid) สำหรับค่า pH ดินของพื้นที่บ้านวัดจันทร์ อ.กัลยานิวัฒนา จ.เชียงใหม่ มีค่า pH เท่ากับ 5.76 มีความเป็นกรดปานกลาง (moderately acid)

ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ในดินของพื้นที่บ้านวัดจันทร์ อ.กัลยานิวัฒนา จ.เชียงใหม่ และบ้านป่าเกี๊ยะใหม่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ จัดว่ามีปริมาณอยู่ในระดับสูง มีปริมาณที่ 3.34 % และ 4.19% ตามลำดับ

<u>ข้อมูลผลผลิตกระเทียมของแต่ละกรรมวิธีการทดสอบอัตราปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพจากไข่</u>

การทดสอบอัตราการใช้ปัจจัยการผลิตอินทรีย์สำหรับการปลูกกระเทียมบนพื้นที่สูงของแปลงทดสอบทั้งสองพื้นที่ (900 MSL และ 1,100 MSL) ได้แก่ ปัจจัย (1) อัตราปุ๋ยอินทรีย์ จำนวน 3 อัตรา ประกอบด้วย 25, 50 และ 75 กก.ต่อไร่ โดยใส่ที่ระยะก่อนปลูก (ปุ๋ยรองพื้น) ระยะ 30, 60 และ 90 วันหลังปลูก และ (2) อัตราการฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพจากไข่ (ฮอร์โมนไข่) จำนวน 3 อัตรา ประกอบด้วย 10, 20 และ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร โดยฉีดพ่นจำนวน 4 ครั้ง ที่ระยะ 30, 40, 50 และ 60 วันหลังปลูก ที่ระยะ 90 วันหลังปลูกวัดการเจริญเติบโตทางลำต้นของกระเทียมแต่ละกรรมวิธีทดสอบ ดังตาง 7

ตาราง 7 ข้อมูลการเจริญเติบโต (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น) กระเทียมแปลงทดสอบอัตราปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพจากไข่ที่เหมาะสมสำหรับผลิตหัวพันธุ์กระเทียมบนพื้นที่สูง อายุ 90 วัน (3 เดือน)

กรรมวิธีทดสอบ		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (มม.ต่อต้น)	
อัตราปุ๋ยอินทรีย์ (กก.ต่อไร่)	อัตราน้ำหมักชีวภาพจากไข่ (มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร)	พื้นที่วัดจันทร์ (900 MSL)	พื้นที่ป่าเกี๊ยะใหม่ (1,100 MSL)
ปุ๋ยอินทรีย์ 25 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	7.98	8.44
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	7.03	8.07
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	7.05	7.87
ปุ๋ยอินทรีย์ 50 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	8.33	8.52
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	6.52	8.06
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	6.30	7.48
ปุ๋ยอินทรีย์ 75 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	7.84	**8.69**
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	7.67	7.12
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	7.91	7.42

จากตาราง 7 จะเห็นได้ว่า กระเทียมที่ระยะ 90 วันหลังปลูก เมื่อปลูกที่ระดับความสูง 1,1000 MSL ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 75 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นฮอร์โมนไข่อัตรา 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร มีการเจริญเติบโตทางลำต้น (ขนาดลำต้น) สูงสุดที่ 8.69 มม.ต่อต้น

ตาราง 8 ข้อมูลน้ำหนักกระเทียมสด น้ำหนักกระเทียมแห้ง และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของกระเทียมแต่ละกรรมวิธีการทดสอบ พื้นที่ทดสอบบ้านวัดจันทร์ อ.กัลยานิวัฒนา จ.เชียงใหม่

กรรมวิธีทดสอบ		น้ำหนักกระเทียมสด (กก.ต่อไร่)	น้ำหนักกระเทียมแห้ง (กก.ต่อไร่)	น้ำหนักสูญเสีย (%)
ปุ๋ยอินทรีย์ 25 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1,232.59	426.67	64.98
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	865.19	373.33	56.44
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	954.07	361.48	61.61
ปุ๋ยอินทรีย์ 50 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	918.52	420.74	**47.08**
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	877.04	331.85	61.81
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	918.52	361.48	60.59
ปุ๋ยอินทรีย์ 75 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	841.48	349.63	59.12
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	728.89	367.41	49.49
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	794.07	320.00	59.13

ตาราง 9 ข้อมูลน้ำหนักกระเทียมสดเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีการทดสอบอัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพจากไข่ พื้นที่ทดสอบบ้านวัดจันทร์ อ.กัลยานิวัฒนา จ.เชียงใหม่

อัตราปุ๋ยอินทรีย์	ผลผลิตกระเทียมสดเฉลี่ย (กก.ต่อ 400 ตรม.)		
	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร
อัตราปุ๋ย 25 กก.ต่อไร่	308.15	216.30	238.52
อัตราปุ๋ย 50 กก.ต่อไร่	229.63	219.26	229.63
อัตราปุ๋ย 75 กก.ต่อไร่	210.37	182.22	198.52

น้ำหนักกระเทียมสดที่ระยะเก็บเกี่ยว (ตาราง 8-9) พื้นที่ทดสอบบ้านวัดจันทร์ (ระดับความสูง 900 MSL) กรรมวิธีปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 25 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร ให้น้ำหนักกระเทียมสดสูงสุดเฉลี่ย 1,232.59 กก.ต่อไร่ และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 75 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด 49.49%

ตาราง 10 ข้อมูลน้ำหนักกระเทียมสด น้ำหนักกระเทียมแห้ง และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของกระเทียมแต่ละกรรมวิธีการทดสอบ พื้นที่ทดสอบบ้านป่าเกี๊ยะใหม่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่

กรรมวิธีทดสอบ		น้ำหนักกระเทียมสด (กก.ต่อไร่)	น้ำหนักกระเทียมแห้ง (กก.ต่อไร่)	น้ำหนักสูญเสีย (%)
ปุ๋ยอินทรีย์ 25 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1,728.00	656.00	61.45
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1,546.67	640.00	58.22
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1,413.33	565.33	59.80
ปุ๋ยอินทรีย์ 50 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1,696.00	672.00	60.09
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1,866.67	741.33	60.26
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1,285.33	544.00	57.77
ปุ๋ยอินทรีย์ 75 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1,637.33	682.67	58.25
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1,194.67	512.00	56.86
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1,141.33	501.33	**56.04**

ตาราง 11 ข้อมูลผลผลิตกระเทียมสดเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีการทดสอบอัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพจากไข่ พื้นที่ทดสอบบ้านป่าเกี๊ยะใหม่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่

อัตราปุ๋ยอินทรีย์	ผลผลิตกระเทียมสดเฉลี่ย (กก.ต่อ 400 ตรม.)		
	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร
อัตราปุ๋ย 25 กก.ต่อไร่	432.00	386.67	353.33
อัตราปุ๋ย 50 กก.ต่อไร่	424.00	466.67	321.33
อัตราปุ๋ย 75 กก.ต่อไร่	409.33	298.67	285.33

จากตาราง 10-11 น้ำหนักกระเทียมสดจากพื้นที่ทดสอบระดับความสูง 1,100 MSL พบว่า กรรมวิธีใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 50 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร น้ำหนักกระเทียมสดสูงสุดเฉลี่ย 466.67 กก.ต่อ 400 ตรม. หรือ 1,866.67 กก.ต่อไร่ เมื่อเก็บรักษาจนกระทั่งกระเทียมแห้งสนิทที่ระยะประมาณ 5 เดือนหลังเก็บเกี่ยว กรรมวิธีใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 75 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด 56.04%

ตาราง 12 ข้อมูลน้ำหนักแห้งกระเทียมมัดจุก และน้ำหนักแห้งกระเทียมแกะกลีบของแต่ละกรรมวิธีทดสอบ พื้นที่บ้านวัดจันทร์ระดับความสูง 900 MSL และบ้านป่าเกี๊ยะใหม่ระดับความสูง 1,100 MSL

กรรมวิธีทดสอบ		พื้นที่วัดจันทร์ (900 MSL)			พื้นที่ป่าเกี๊ยะใหม่ (1,100 MSL)		
		มัดจุก (กิโลกรัม)	แกะกลีบ (กิโลกรัม)	สูญเสีย (%)	มัดจุก (กิโลกรัม)	แกะกลีบ (กิโลกรัม)	สูญเสีย (%)
ปุ๋ยอินทรีย์ 25 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	2.40	1.67	28.68	4.10	3.16	**22.93**
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	2.10	1.43	31.82	4.0	3.03	22.49
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	2.03	1.45	29.37	3.53	2.34	30.30
ปุ๋ยอินทรีย์ 50 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	2.37	1.71	29.53	4.20	2.71	35.82
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1.87	1.40	26.35	4.63	2.85	38.46
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	2.03	1.60	**21.13**	3.40	2.51	27.25

ปุ๋ยอินทรีย์ 75 กก.ต่อไร่	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1.97	1.45	25.65	4.27	2.39	44.05
	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	2.07	1.47	28.68	3.20	2.05	42.08
	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	1.80	1.14	33.74	3.13	2.62	24.25

จากตาราง 12 น้ำหนักแห้งกระเทียมแต่ละกรรมวิธีที่ทำความสะอาด และมัดจุกแขวนเก็บรักษาในโกดังเป็นระยะเวลา 5 เดือน ก่อนปลูกประมาณเดือนธันวาคม (อายุเก็บรักษา 8 เดือน) นำมาปอกเปลือกและแกะกลีบที่สมบูรณ์ พบว่า เมื่อปลูกกระเทียมที่ระดับความสูง 900 MSL กรรมวิธีใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 50 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย (หัวหรือกลีบฝ่อ/น้ำหนักเปลือกกระเทียมที่ทิ้ง) น้อยสุดที่ 21.13% สำหรับพื้นที่ทดสอบระดับความสูง 1,100 MSL กรรมวิธีใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 25 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพจากไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียต่ำสุดที่ 22.93%

ภาพ 4 เก็บเกี่ยวผลผลิตกระเทียมทดสอบ
ที่ระดับความสูง 900 MSL

ภาพ 5 เก็บเกี่ยวผลผลิตกระเทียมแปลงทดสอบ
ที่ระดับความสูง 1,100 MSL

<u>ผลการทดลอง 2.2</u> ผลการทดสอบและสาธิตการปลูกกระเทียมอินทรีย์ร่วมกับเกษตรกรพื้นที่สูง

จากผลการทดสอบปลูกกระเทียมบนพื้นที่สูง (พืชหลังนา) โดยใช้ปัจจัยการผลิตอินทรีย์ คือ ปุ๋ยอินทรีย์ น้ำหมักชีวภาพจากไข่ (ฮอร์โมนไข่) และชีวภัณฑ์เกษตร พบว่า กระเทียมมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเป็นที่พึงพอใจ อีกทั้งได้รับการยอมรับจากเกษตรกร จึงทำการสาธิตและปลูกทดสอบกระเทียมร่วมกับเกษตรกรใน 5 พื้นที่ตั้งแต่ระดับความสูงพื้นที่ 500-1,000 MSL ดังตาราง 13

ตาราง 13 ผลผลิตกระเทียมสดจากแปลงของเกษตร 5 พื้นที่ 10 ชุมชน จำนวน 53 ราย ที่ปลูกภายใต้การใช้ปัจจัยการผลิตอินทรีย์บนพื้นที่สูง

ลำดับ	ชื่อ – สกุล เกษตรกร	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม)	น้ำหนักกระเทียมสด (กก.)	น้ำหนักผลผลิต (กก.ต่อไร่)
สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ จำนวน 11 ราย				
1	นายนิยม อรุณรัศมีสกุล บ้านแม่ป่าก่อ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	70	51	1,165
2	นายคำแก้ว อรุณรัศมีสกุล บ้านแม่ป่าก่อ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	130	105	1,292
3	นายหน่อชิ หน่อละเดาะ บ้านแม่ป่าก่อ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	100	64	1,024
4	นายธานี อรุณลำเนาไพร บ้านแม่ป่าก่อ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	70	66	1,508
5	นายสมพล วงศ์พนาพิสุทธิ์ บ้านแม่ป่าก่อ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	70	67	1,531
6	นายวัชรินทร์ พจนบัณฑิต			

ลำดับ	ชื่อ – สกุล เกษตรกร	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม)	น้ำหนักกระเทียมสด (กก.)	น้ำหนักผลผลิต (กก.ต่อไร่)
	บ้านแม่ป่าก่อ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	125	32	409
7	นายเคโท เนาพนาวัลย์ บ้านแม่ป่าก่อ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	200	132.4	1,059
8	นายเฉลิมชัย อนุรักษ์ป่าดง บ้านแม่ป่าก่อ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	75	36	768
9	นางแพ บุญทา บ้านเมืองอาง อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	30	25	1,333
10	นายสมชาย ริทู บ้านเมืองอาง อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	160	10	100
11	นายสุขแก้ว วงศ์พนาพิสุทธิ์ บ้านเมืองอาง อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	110	35	509
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ จำนวน 1 ราย				
12	นายตรีบุญ ช่วงโชติชวัลย์กร บ้านหนองเต่า อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	200	127	1,016
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงเลอตอ อ.แม่ระมาด จ.ตาก จำนวน 20 ราย				
13	นายซึนึ บำเพ็ญขุนเขา บ้านเลอตอ อ.แม่ระมาด จ.ตาก	100	12	192
14	นายพาแบล้ บำเพ็ญขุนเขา บ้านเลอตอ อ.แม่ระมาด จ.ตาก	100	8	128
15	นายแปะเหละ บำเพ็ญขุนเขา บ้านเลอตอ อ.แม่ระมาด จ.ตาก	150	69	736
16	นางอรพรรณ ประวัติพงสกร บ้านเลอตอ อ.แม่ระมาด จ.ตาก	50	7	224
17	นายหม่อโพละ รุตดำรงขัย บ้านเลอตอ อ.แม่ระมาด จ.ตาก	100	40	640
18	นายยุทธศาสตร์ บำเพ็ญขุนเขา บ้านห้วยโป่ง อ.แม่ระมาด จ.ตาก	100	30	480
19	นายสราวุฒิ พานสกุลบุตร บ้านห้วยโป่ง อ.แม่ระมาด จ.ตาก	55	16	465
20	นายมนตรี พานสกุลบุตร บ้านห้วยโป่ง อ.แม่ระมาด จ.ตาก	40	11	440
21	นายสุรชัย อาชาประดิษฐ์ บ้านห้วยโป่ง อ.แม่ระมาด จ.ตาก	35	9	411
22	นายสุรพงษ์ ตวีวาตผลกุล บ้านกาหม่าผาโด้ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	80	15	300
23	นายหม่อโท ชีวีสันติสุข บ้านกาหม่าผาโด้ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	90	27	480
24	นายอำพล สนั่นเมฆา บ้านกาหม่าผาโด้ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	170	56	527
25	นายพะอูส่อ ประชารังสรรค์ บ้านกาหม่าผาโด้ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก			

ลำดับ	ชื่อ – สกุล เกษตรกร	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม)	น้ำหนักกระเทียมสด (กก.)	น้ำหนักผลผลิต (กก.ต่อไร่)
26	นายสมบูรณ์ แม่หละพัฒนา บ้านกาหม่าผาโด้ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	150	57	608
27	นายพานี อุดมศักดิ์วาณิช บ้านกาหม่าผาโด้ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก			
28	นายพีรพงษ์ โชติรสสกุล บ้านพะตี้หม้อโจ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก	330	32	155
29	นายสุรชัย วันชาติสกุล บ้านพะตี้หม้อโจ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก			
30	นายสุรศักดิ์ ธรรมปิติขจร บ้านพะตี้หม้อโจ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก			
31	นายสมบุญ แม่หละพัฒนา บ้านพะตี้หม้อโจ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก			
32	นายดีอี้ นลินสกุล บ้านพะตี้หม้อโจ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก			
โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงเพื่อแก้ปัญหาพื้นที่เฉพาะขุนตื่นน้อย อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่ จำนวน 20 ราย				
33	นายคาชุ นุดา บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	160	101	1,010
34	นายพิสิษฐ์ ยศยิ่งอภิราม บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่			
35	นายวันกานต์ จีซี บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	340	45	211
36	นายพาจู วิมุตวโรจน์ บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	100	17	272
37	นายลอยดี บุญนพไท บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	110	25	363
38	นางสาวพะจะ (ไม่มีนามสกุล) บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	70	5	114
39	นายซอแฮ ยศยิ่งอภิราม บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	60	4	106
40	นางสาวเจหล่า พนาขุนเขา บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	40	8	320
41	นายพาเบล้ะ ชาแฮ บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	100	4	64
42	นายพะละดี เก่งไฉไล บ.เลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	10	16	2,560
43	นางโจแจะ ยศยิ่งอภิราม บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	10	8	1,280
44	นายตุโพ พาเผลอ บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	50	26	832
45	นายดาโพ วิมุตวโรจน์			

ลำดับ	ชื่อ – สกุล เกษตรกร	ขนาดพื้นที่ (ตร.ม)	น้ำหนักกระเทียมสด (กก.)	น้ำหนักผลผลิต (กก.ต่อไร่)
	บ้านบราโกร อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	45	3	106
46	นางนงนุช บุญนพไทย บ้านบราโกร อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	10	3	480
47	นายสัณชัย ชื่นมาธุสร บ้านบราโกร อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	100	38	608
48	นายดูแปะ ยศยิ่งอภิราม บ้านบราโกร อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	85	75	1,411
49	นายวาเล่ บุญนพไทย บ้านบราโกร อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	40	6	240
50	นายตุวา บุญนพไทย บ้านบราโกร อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	60	20	533
51	นายดิ๊บือ วิมุตวโรจน์ บ้านบราโกร อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	44	41	1,490
52	นายพาดี้ วิมุตวโรจน์ บ้านบราโกร อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	52	3	92
โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงเพื่อแก้ปัญหาพื้นที่เฉพาะบ้านป่าเกี๊ยะใหม่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ จำนวน 1 ราย				
53	นางวิภารัตน์ วงไกรวัลย์ บ้านบวกคว่าย อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	50	43	1,376

จากตาราง 13 เมื่อพิจารณาน้ำหนักกระเทียมสดที่ปลูกทดสอบ (พืชหลังนา) ในแปลงของเกษตรกรทั้ง 10 ชุมชน พบว่า พื้นที่สูงทุกชุมชนสามารถปลูกกระเทียมได้ผลผลิตดี เป็นที่พึงพอใจของเกษตรกร โดยแต่ละพื้นที่ได้ผลผลิตกระเทียม ดังนี้

- พื้นที่อินทนนท์ (ระดับความสูง 500 MSL) ได้น้ำหนักสดกระเทียมสูงสุด 1,508 กก.ต่อไร่
- พื้นที่ทุ่งหลวง (ระดับความสูง 900 MSL) ได้น้ำหนักสดกระเทียมสูงสุด 1,016 กก.ต่อไร่
- พื้นที่เลอตอ (ระดับความสูง 800 MSL) ได้น้ำหนักสดกระเทียมสูงสุด 736 กก.ต่อไร่
- พื้นที่ขุนตื่นน้อย (ระดับความสูง 1,000 MSL) ได้น้ำหนักสดกระเทียมสูงสุด 2,560 กก.ต่อไร่
- พื้นที่ป่าเกี๊ยะใหม่ (ระดับความสูง 800 MSL) ได้น้ำหนักสดกระเทียมสูงสุด 1,376 กก.ต่อไร่

ตาราง 14 ข้อมูลรายละเอียดต้นทุนการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยแจ็ค) ของแต่ละกรรมวิธีการทดสอบ

รายการ	จำนวนที่ใช้	เป็นเงิน (บาทต่อไร่)
ปุ๋ยแจ็ค อัตรา 25 กก.ต่อไร่	ใส่ปุ๋ย เตรียมไถพรวน – อายุ 90 วัน จำนวน 4 ครั้ง = 237.5 บาท x 4 ครั้ง	950
ปุ๋ยแจ็ค อัตรา 50 กก.ต่อไร่	ใส่ปุ๋ย เตรียมไถพรวน – อายุ 90 วัน จำนวน 4 ครั้ง = 475 บาท x 4 ครั้ง	1,900
ปุ๋ยแจ็ค อัตรา 75 กก.ต่อไร่	ใส่ปุ๋ย เตรียมไถพรวน – อายุ 90 วัน จำนวน 4 ครั้ง = 712.5 บาท x 4 ครั้ง	2,850
ปุ๋ยแจ็ค ปริมาณ 40 กิโลกรัม (1 กระสอบ) ราคา 380 บาท (ราคากิโลกรัมละ 9.5 บาท) ใส่ปุ๋ย 4 ครั้ง ได้แก่ เตรียมไถพรวนหรือปุ๋ยรองพื้น ที่อายุ 30 วัน 60 วัน และ 90 วัน		

ตาราง 15 ข้อมูลรายละเอียดต้นทุนการใช้น้ำหมักชีวภาพจากไข่ (ฮอร์โมนไข่) ของแต่ละกรรมวิธีการทดสอบ

รายการ	ปริมาณที่ใช้	เป็นเงิน (บาทต่อไร่)
อัตราการใช้ 1 ไร่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร ต้นทุน 1 ไร่ = 0.7 บาท	ฉีดพ่นทุกๆ 7-10 วัน เมื่อกระเทียมอายุ 30 – 80 วัน จำนวน 6 ครั้ง = 0.7 บาท x 6 ครั้ง	4.2
อัตราการใช้ 1 ไร่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร ต้นทุน 1 ไร่ = 1.4 บาท	ฉีดพ่นทุกๆ 7-10 วัน เมื่อกระเทียมอายุ 30 – 80 วัน จำนวน 6 ครั้ง = 1.4 บาท x 6 ครั้ง	8.4
อัตราการใช้ 1 ไร่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร ต้นทุน 1 ไร่ = 2.1 บาท	ฉีดพ่นทุกๆ 7-10 วัน เมื่อกระเทียมอายุ 30 – 80 วัน จำนวน 6 ครั้ง = 2.1 บาท x 6 ครั้ง	12.6
ฮอร์โมนไข่ 5 ลิตร (5,000 มิลลิลิตร) ต้นทุน = 350 บาท		

ตาราง 16 ข้อมูลสรุปต้นทุนการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพจากไข่ (ฮอร์โมนไข่) ของแต่ละกรรมวิธีการทดสอบ

อัตราปุ๋ยอินทรีย์	ต้นทุนปุ๋ยอินทรีย์ และฮอร์โมนไข่ (บาท.ต่อไร่)		
	ฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	ฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร	ฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร
อัตราปุ๋ย 25 กก.ต่อไร่	954.2	958.4	962.6
อัตราปุ๋ย 50 กก.ต่อไร่	1,904.2	1,908.4	1,912.6
อัตราปุ๋ย 75 กก.ต่อไร่	2,854.2	2,858.4	2,862.6



บ้านแม่ป่าก่อ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่



บ้านเมืองอาง อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่



บ้านหนองเต่า อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่



บ้านเลอตอ อ.แม่ระมาด จ.ตาก



บ้านห้วยโป่ง อ.แม่ระมาด จ.ตาก



บ้านกาหม่าผาโด้ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก



บ้านพะตี้หม้อโจ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก



บ้านเลอะกรา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่

ภาพ 6 ตัวอย่างผลผลิตกระเทียม (พืชหลังนา) จากแปลงของเกษตรกรบนพื้นที่สูง

ผลการทดลอง 3 ผลการศึกษาและทดสอบวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาของกลีบกระเทียมจากพื้นที่สูง

ดำเนินการศึกษาวิธียืดอายุการเก็บรักษาหรือชะลอการงอกของกลีบกระเทียม ซึ่งเป็นผลผลิตกระเทียมที่ได้จากการปลูกโดยใช้ปัจจัยการผลิตอินทรีย์เท่านั้น โดยบรรจุกลีบกระเทียมลงในถุงพลาสติกในสภาพสุญญากาศ ทดสอจำนวน 9 กรรมวิธี ประกอบด้วย ขนาดกลีบกระเทียม 3 ลักษณะหรือแบบ (กลีบชั้นนอก กลีบชั้นกลาง และกลีบชั้นใน) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ระดับ (อุณหภูมิห้อง, 5 °C และ 10 °C) และบันทึกข้อมูลเปอร์เซ็นต์การงอกของกลีบ จำนวนกลีบที่เน่าเสีย จำนวนกลีบที่งอก ใช้ระยะเวลาประมาณ 4 เดือน ผลการทดลอง ดังตาราง 17-19

ตาราง 17 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของจำนวนกลีบกระเทียมที่สมบูรณ์ กลีบฝ่อหรือเน่า ของกลีบกระเทียม 3 ลักษณะ ได้แก่ กลีบชั้นนอก กลีบชั้นกลาง และกลีบชั้นใน ที่อายุการเก็บรักษา 30, 60, 90, 120 และ 150 วัน ณ อุณหภูมิห้อง (ชุดควบคุม)

ขนาดกลีบกระเทียม	เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกลีบกระเทียม (ไม่งอก ไม่ฝ่อ ไม่เน่า)									
	อายุ 30 วัน		อายุ 60 วัน		อายุ 90 วัน		อายุ 120 วัน		อายุ 150 วัน	
	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)
กลีบชั้นนอก	100	-	36.67	63.33	10.00	90.00	-	100	-	100
กลีบชั้นกลาง	100	-	60.00	40.00	5.33	94.67	-	100	-	100
กลีบชั้นใน	100	-	88.67	11.33	7.33	92.67	-	100	--	100

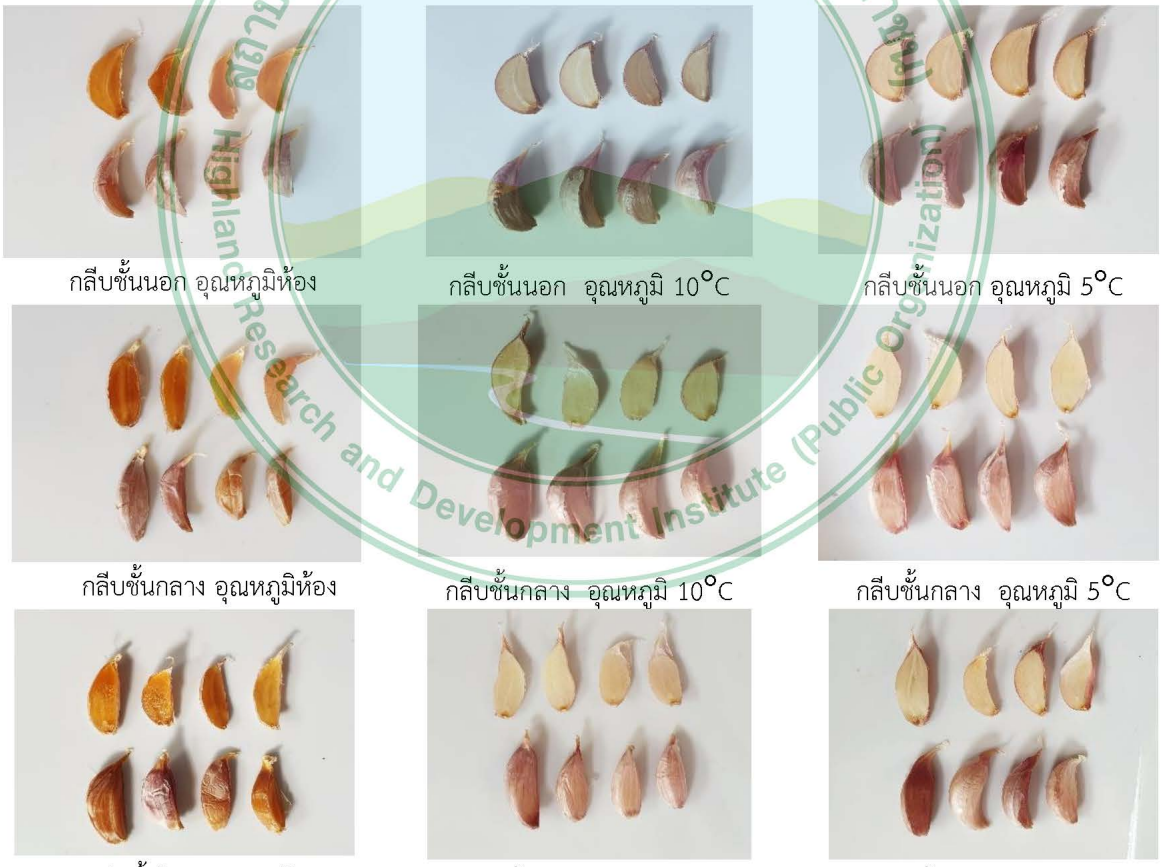
ตาราง 18 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของจำนวนกลีบกระเทียมที่สมบูรณ์ กลีบฝ่อหรือเน่า ของกลีบกระเทียม 3 ลักษณะ ได้แก่ กลีบชั้นนอก กลีบชั้นกลาง และกลีบชั้นใน ที่อายุการเก็บรักษา 30, 60, 90, 120 และ 150 วัน ณ อุณหภูมิ 10 °C

ขนาดกลีบกระเทียม	เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกลีบกระเทียม (ไม่งอก ไม่ฝ่อ ไม่เน่า)									
	อายุ 30 วัน		อายุ 60 วัน		อายุ 90 วัน		อายุ 120 วัน		อายุ 150 วัน	
	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)	กลีบดี (%)	กลีบดี (%)	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)
กลีบชั้นนอก	100	-	100	-	100	-	100	-	-	100
กลีบชั้นกลาง	100	-	100	-	100	-	100	-	-	100
กลีบชั้นใน	100	-	100	-	100	-	100	-	--	100

ตาราง 19 ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ของจำนวนกลีบกระเทียมที่สมบูรณ์ กลีบฝ่อหรือเน่า ของกลีบกระเทียม 3 ลักษณะ ได้แก่ กลีบชั้นนอก กลีบชั้นกลาง และกลีบชั้นใน ที่อายุการเก็บรักษา 30, 60, 90, 120 และ 150 วัน ณ อุณหภูมิ 5 °C

ขนาดกลีบกระเทียม	เปอร์เซ็นต์ความสมบูรณ์ของกลีบกระเทียม (ไม่งอก ไม่ฝ่อ ไม่เน่า)									
	อายุ 30 วัน		อายุ 60 วัน		อายุ 90 วัน		อายุ 120 วัน		อายุ 150 วัน	
	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)	กลีบดี (%)	กลีบดี (%)	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)	กลีบดี (%)	กลีบฝ่อ (%)
กลีบชั้นนอก	100	-	100	-	100	-	100	-	-	100
กลีบชั้นกลาง	100	-	100	-	100	-	100	-	-	100
กลีบชั้นใน	100	-	100	-	100	-	100	-	--	100

จากผลการทดลองตาราง 17-19 พบว่า วิธีการเก็บรักษากลีบกระเทียมในถุงพลาสติก สภาพสุญญากาศที่ระยะ 30 วันหลังเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีทดสอบกลีบกระเทียมยังไม่พบการงอก ไม่ฝ่อหรือเน่า แต่เมื่อเก็บรักษาไปถึงระยะ 60 วันขึ้นไป พบว่าการเก็บรักษากระเทียมในถุงซีลสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง (ควบคุม) เริ่มพบการฝ่อเน่าของกลีบชั้นนอกมากสุดที่ 63.33% และเมื่อเก็บรักษาจนกระทั่งระยะ 90 วัน พบว่ากลีบกระเทียมทุกลักษณะเน่า/ฝ่อจนหมด สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C และอุณหภูมิ 10 °C ยังไม่พบการงอกของกลีบ กลีบไม่ฝ่อ/แห้งหรือเน่า และยังสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 150 วันหรือ 5 เดือน

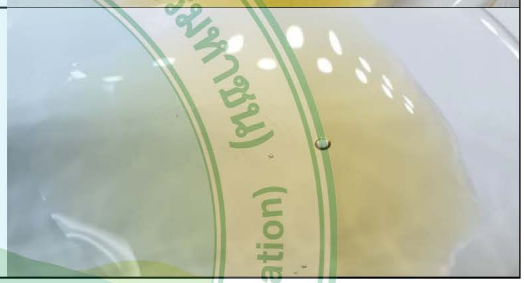


ภาพ 7 ลักษณะของกลีบกระเทียมที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิแตกต่างกันภายใต้สภาพถุงสุญญากาศ ที่อายุการเก็บรักษา 150 วัน (5 เดือน)

ผลการทดลอง 4 ผลการศึกษาแนวทางการแปรรูปสร้างมูลค่าแก่กระเทียมอินทรีย์

เตรียมตัวอย่างกลีบกระเทียมอินทรีย์โดยวิธีการอบกลีบกระเทียมที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง และนำกลีบกระเทียมมาชั่งจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ แล้วนำกลีบกระเทียมไปปลอกเปลือก สับเนื้อกระเทียม และสกัดน้ำมันกระเทียมโดยการบีบเย็นด้วยเครื่องบีบเย็นน้ำมัน ศึกษาลักษณะทางกายภาพ ร้อยละของน้ำมันกระเทียม ศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำมันกระเทียมที่ได้จากบนพื้นที่สูงเพื่อประเมินคุณภาพเบื้องต้น และแปรรูปเป็นน้ำมันกระเทียมให้อยู่ในรูปแบบบรรจุแคปซูลนิ่ม (Soft gel capsule) พร้อมบริโภค ผลการทดลอง ดังนี้

ตาราง 20 ตัวอย่างลักษณะทางกายภาพของน้ำมันกระเทียมทั่วไป (เคมี) และกระเทียมอินทรีย์

ส่วนที่ใช้สกัด	ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันกระเทียม	รูปประกอบ
กระเทียมเคมี (ปลูกด้วยวิธีการใช้สารเคมี)	สีเหลืองทอง ขุ่นเล็กน้อย มีกลิ่นเฉพาะตัวของกระเทียม น้ำมันไม่แยกชั้น ไม่เหม็นหืน	
กระเทียมอินทรีย์ (ปลูกด้วยปัจจัยการผลิตอินทรีย์)	สีเหลืองทองเข้ม ขุ่นเล็กน้อยมีกลิ่นเฉพาะตัวของกระเทียม น้ำมันไม่แยกชั้น ไม่เหม็นหืน	

4.1 ค่าร้อยละของน้ำมันกระเทียมที่ได้

ในการศึกษานี้ใช้วิธีการสกัดน้ำมันจากกระเทียม โดยนำไปหีบน้ำมันด้วยการหีบเย็น (Cold press) และกรองแยกส่วนไขน้ำมันกระเทียมออก ด้วยวิธีการนำน้ำมันที่ผสมกับส่วนไขไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกชั้น และกรองด้วยกระดาษกรองที่เชื่อมต่อกับปั๊ม ซึ่งแสดงค่าน้ำหนักและร้อยละน้ำมันกระเทียม ในตาราง 21

การคำนวณหาปริมาณน้ำมันและสารสกัด (% Yield Crude Extract)

<u>สูตร</u>

$$\text{Yield Crude Extract} = \frac{a}{b} \times 100\ \%$$

a = ปริมาณน้ำมันหรือสารสกัดที่ได้ (กรัม)

b = ปริมาณตัวอย่างแห้งที่ใช้ในการสกัด (กรัม)

ตาราง 21 ปริมาณน้ำมันและร้อยละของน้ำมันที่ได้ (%yield) จากการสกัดกระเทียม

พืช	วิธีการสกัด	% yield	ปริมาณน้ำมัน
น้ำมันกระเทียมเคมี: เฉพาะส่วนน้ำมันใส (ไม่รวมส่วนไขกากตะกอน)	หีบเย็น	11.32	475 กรัม
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์: เฉพาะส่วนน้ำมันใส (ไม่รวมส่วนไขกากตะกอน)	หีบเย็น	8.67	4.3 กิโลกรัม

จากตาราง 21 และจากผลการวิเคราะห์ %yield น้ำมัน พบว่าลักษณะทางกายภาพและ %yield น้ำมันกระเทียม มีลักษณะทั้งสี ความข้นหนืด เนื้อสัมผัส และกลิ่นโดยลักษณะธรรมชาติของน้ำมันพืช

4.2 ข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันกระเทียมที่ได้จากพื้นที่สูงเพื่อประเมินคุณภาพเบื้องต้น ดังนี้

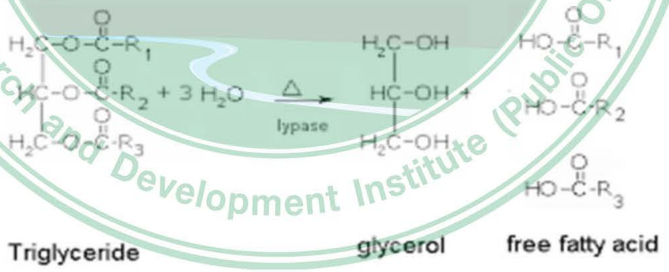
4.2.1 <u>ค่าความเป็นกรด</u> (Acid value) วิเคราะห์ด้วยการไทเทรตโดยใช้เครื่อง Automatic titrator (Mettler Toledo, Titration Excellence T50, Switzerland)

โดยใช้เอทานอล (Ethanol) ความเข้มข้น 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์และเติมสารละลายอินดิเคเตอร์ฟีนอฟทาลีน (Phenolphthalein) ความเข้มข้น 1% จำนวน 0.5 มล. ลงไปในบีกเกอร์ จากนั้นปรับค่าความเป็นกลางของตัวทำละลายด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide; KOH) ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ จำนวน 2-3 หยด และชั่งตัวอย่างน้ำมัน 2.0 กรัม ละลายในสารละลายผสมที่เป็นกลาง และไทเทรต (Titrate) ด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (M) ด้วยเครื่อง Automatic titrator (Mettler Toledo, Titration Excellence T50, Switzerland) และคำนวณค่า Acid value มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อกรัมของตัวอย่างน้ำมัน (mg KOH/g of oil) แสดงสูตรในการคำนวณดังสมการ ดังนี้

$$\text{Acid value (mg KOH / g of oil)} = \frac{\text{V (mL)} \times 5.61}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

โดย V คือ ปริมาณของสารละลาย KOH เข้มข้น 0.1 M ที่ใช้ไทเทรต (mL)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณค่าความเป็นกรดของน้ำมัน แสดงค่าความเป็นกรดของน้ำมันเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำมันพืช หากไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ถูกย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ซึ่งมีเอนไซม์ไลเปส (Lipase) และความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จะทำให้เกิดเป็นกลีเซอรอล (Glycerol) และกรดไขมันอิสระ (Free fatty acid) แสดงสมการดังภาพ 8 โดยผลผลิตที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้น้ำมันมีความเป็นกรดสูงขึ้น ซึ่งแสดงถึงการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และเป็นสาเหตุของการเกิดการเหม็นหืนอีกด้วย ซึ่งค่าความเป็นกรด คือ จำนวนมิลลิกรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการทำให้ free fatty acid ที่มีอยู่ในน้ำมัน 1 กรัม เป็นกลางพอดี



ภาพ 8 ปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสของไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมัน

ผลการศึกษาค่าความเป็นกรดของน้ำมันกระเทียมเคมีและอินทรีย์ มีค่าเท่ากับ 1.44 และ 0.67 มิลลิกรัม KOH ต่อกรัมของน้ำมัน (KOH/g oil) ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่ระบุไว้ในประกาศฯ (ไม่เกิน 4.0 สำหรับน้ำมันและไขมันซึ่งทำโดยวิธีธรรมชาติ) ทั้งนี้ ควรพิจารณาคุณภาพของน้ำมันร่วมกับค่าวิเคราะห์อื่น ๆ ต่อไป

4.2.2 <u>ค่าเพอร์ออกไซด์</u> (Peroxide value) เป็นค่าที่ใช้การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา lipid oxidation

การหาค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันสกัดจากกระเทียม โดยการชั่งตัวอย่างน้ำมันกระเทียมแต่ละตัวอย่าง 2.0 กรัม และสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์อิ่มตัว (Potassium iodide; KI) จำนวน 2-3 หยด ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มล. ทั้งนี้ ทำ Blank เพื่อไทเทรตพร้อมกันโดยไม่ต้องใส่ตัวอย่าง จากนั้นเติมตัวทำ

ละลายผสมกรดแอซีติก (Acetic acid) และคลอโรฟอร์ม (Chloroform) อัตราส่วน 3 ต่อ 2 ส่วนปริมาตรต่อปริมาตร (3:2 v/v) ปริมาตร 20 มล. ควรทำในตู้ดูดควัน จากนั้นนำบีกเกอร์ไปต้มในน้ำเดือด ตั้งให้สารละลายเดือด แต่ตั้งไว้ไม่เกิน 30 วินาที เนื่องจากหากต้มเดือดจนเกินไปจะทำให้ไอโอดีนระเหยออกไปหมด ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ หลังจากต้มสารละลายแล้วเทสารละลายที่เดือดลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มล. ที่มีสารลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ความเข้มข้น 5% จำนวน 20 มล. บรรจุอยู่ในขวดรูปชมพู่ ทำการล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่นจำนวน 2 ครั้งครั้งละ 15 และ 10 มล. ตามลำดับ โดยเทน้ำกลั่นที่ล้างลงในขวดรูปชมพู่ นำสารละลายไปไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (Sodium thiosulfate; $Na_2S_2O_3$) ที่ความเข้มข้น 0.002 นอร์มอล (N) ด้วยเครื่อง Automatic titrator จะเห็นว่าเมื่อถึงจุดยุติจะเป็นสารละลายที่ไม่มีสี การคำนวณหาค่า Peroxide value มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมสมมูลต่อกิโลกรัมของตัวอย่างน้ำมัน (meq/kg of oil) แสดงสูตรในการคำนวณสมการ ดังนี้

$$\text{Peroxide value (meq / kg of oil)} = \frac{\text{A (mL)} - \text{B (mL)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

โดย A คือ ปริมาณของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ เข้มข้น 0.002 N ที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง (mL)

และ B คือ ปริมาณของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ เข้มข้น 0.002 N ที่ใช้ไทเทรตกับ blank (mL)

จากผลการวัดค่าเพอร์ออกไซด์ที่มีอยู่ในน้ำมันกระเทียม ดังตาราง 22 เพื่อชี้บ่งการเกิด Oxidation ของน้ำมันในระหว่างการเก็บรักษา จากผลการศึกษาค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันกระเทียม พบว่า ค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันทั้งหมดผ่านมาตรฐานที่ระบุไว้ตามประกาศฯ (ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมันและไขมัน 1 กิโลกรัม)

ในระหว่างการเก็บรักษาน้ำมัน จะเกิดการ Oxidative rancidity เป็นการเกิด Auto-oxidation ขึ้นที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) ดังนั้น น้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบอยู่ในโมกุลมาก หรือมีค่าไอโอดีนสูง จะเกิด Oxidative rancidity ได้ง่าย จึงนิยมวัดค่า Peroxide โดยใช้ปฏิกิริยาของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ในสารละลายกรดกับพันธะออกซิเจน ที่เกิดจาก Peroxide ได้เป็นไอโอดีนอิสระ สามารถหาปริมาณไอโอดีนที่เกิดขึ้นได้ โดยการนำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (นิธิยา, 2548) ค่าเพอร์ออกไซด์สามารถบ่งบอกคุณภาพของน้ำมันได้ โดยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 205 พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำมันและไขมัน กำหนดไว้ว่าน้ำมันและไขมันต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน มีค่าเพอร์ออกไซด์ได้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมันและไขมัน 1 กิโลกรัม (mEq/kg of oil)

ตาราง 22 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันกระเทียม

ตัวอย่างกระเทียม	ค่าความเป็นกรด (mg KOH/g of oil)	ค่าเพอร์ออกไซด์ (ml Na2S2O3/kg of oil)
น้ำมันกระเทียมเคมี	1.34	0.67
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์	1.82	0.53

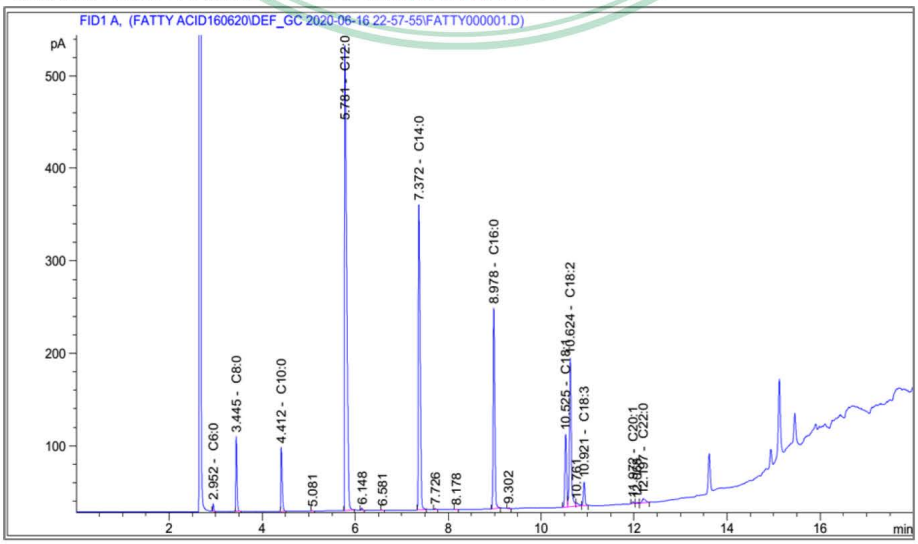
4.3 ข้อมูลคุณค่าทางอาหาร (Proximate analysis)

วิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เยื่อใยอาหาร เถ้า กรดไขมันที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของน้ำมันและ/หรือสารสกัดจากพืชน้ำมัน โดยวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร (Proximate analysis) ของน้ำมันกระเทียม ซึ่งแสดงผลดังตาราง 23

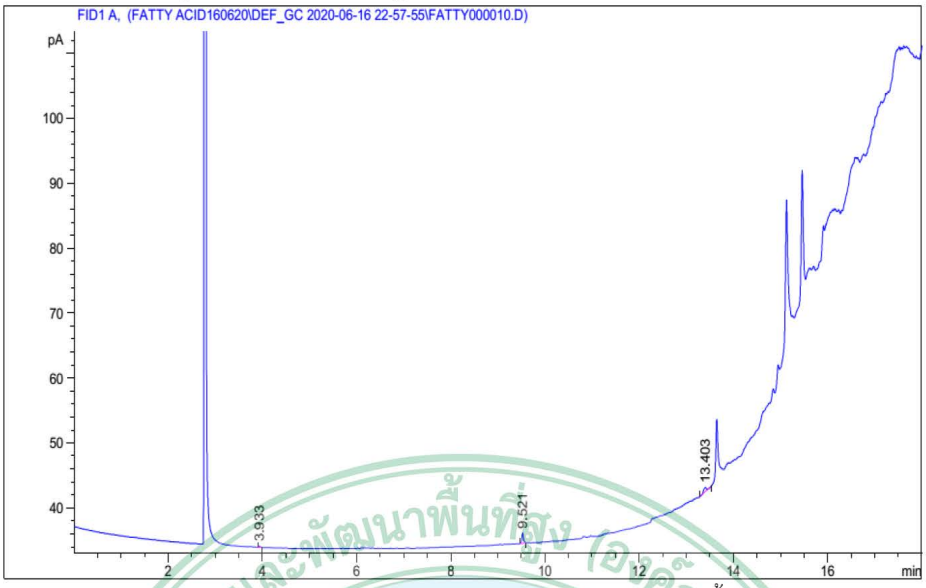
ตาราง 23 ปริมาณของคุณค่าทางอาหาร คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย เถ้า ความชื้น โปรตีน ไขมัน ของน้ำมันกระเทียม

ตัวอย่างกระเทียม	รายการทดสอบ	ผลการทดสอบ (กรัม/100 กรัม)	วิธีทดสอบ
น้ำมันกระเทียมเคมี	คาร์โบไฮเดรต	0.00	By calculation
	เยื่อใย	0.14	AOAC (2012), 978.10
	เถ้า	1.73	AOAC (2012), 945.46
	ความชื้น	58.57	AOAC (2012), 927.05
	โปรตีน	21.23	AOAC (2012), 991.20
	ไขมัน	85.54	AOAC (2012), 989.05
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์	คาร์โบไฮเดรต	0.00	By calculation
	เยื่อใย	0.15	AOAC (2012), 978.10
	เถ้า	1.86	AOAC (2012), 945.46
	ความชื้น	52.46	AOAC (2012), 927.05
	โปรตีน	20.12	AOAC (2012), 991.20
	ไขมัน	87.79	AOAC (2012), 989.05

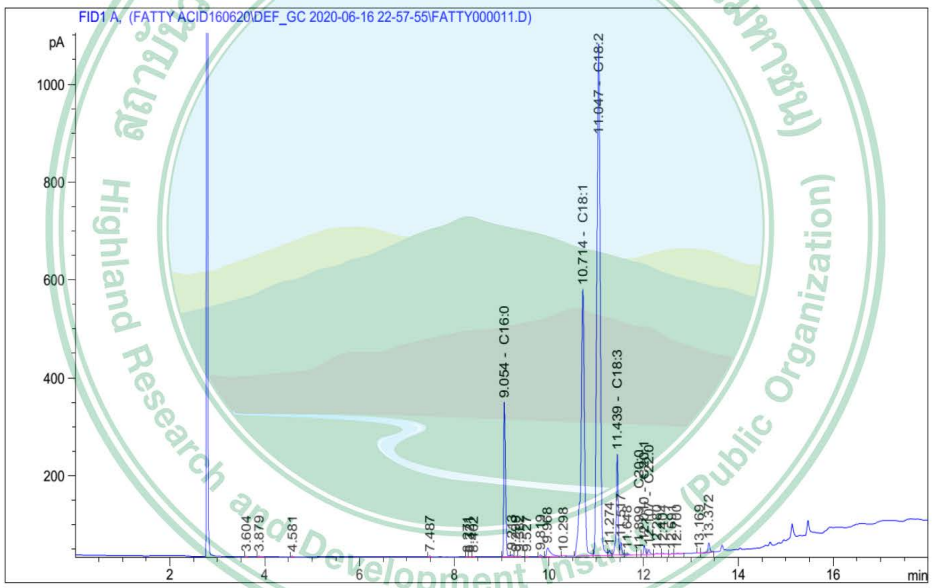
จากผลตาราง 23 พบว่า ปริมาณของคุณค่าทางอาหาร คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย เถ้า ความชื้น โปรตีน ไขมัน ของน้ำมันและสารสกัดพืชวิเคราะห์ค่าทางอาหาร ในส่วนน้ำมันกระเทียมเคมีและอินทรีย์มีค่าใกล้เคียงกัน ประกอบด้วย ส่วนไขมันสูงที่สุดในช่วง 87.79-88.54 กรัมต่อ 100 กรัม และพบสารอาหารพวกเยื่อใย โปรตีนในปริมาณต่ำ ส่วนคาร์โบไฮเดรตตรวจไม่พบ นอกจากนี้ได้วิเคราะห์กรดไขมันของน้ำมันและสารสกัดด้วยวิธีการวิเคราะห์ GC-MS ที่สภาวะตามวิธีการทดลองได้ผลแสดงพีคของกรดไขมันที่เป็นสารมาตรฐานแสดงดังภาพ 9-11 และแสดงผลการวิเคราะห์กรดไขมัน ดังตาราง 24



ภาพ 9 โครมาโทแกรมการวิเคราะห์ GC-MS ของสารมาตรฐานกรดไขมันชนิดต่าง ๆ



ภาพ 10 โครมาโทแกรมการวิเคราะห์ GC-MS กรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันกระเทียมเคมี



ภาพ 11 โครมาโทแกรมการวิเคราะห์ GC-MS กรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันกระเทียมอินทรีย์

ตาราง 24 ชนิดและปริมาณกรดไขมันในน้ำมันกระเทียม วิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS

ตัวอย่าง	ชนิดกรดไขมัน	ปริมาณที่พบ (%)
น้ำมันกระเทียมเคมี	Palmitic acid (C16:0)	ND
	Steric acid (C18:0)	ND
	Oleic acid (C18:1 n-9 cis)	2.13
	Linoleic acid (C18:2 n-6 cis)	3.15
	Linolenic acid (C18:3 n-3)	2.53
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์	Palmitic acid (C16:0)	2.64
	Steric acid (C18:0)	1.43
	Oleic acid (C18:1 n-9 cis)	7.12

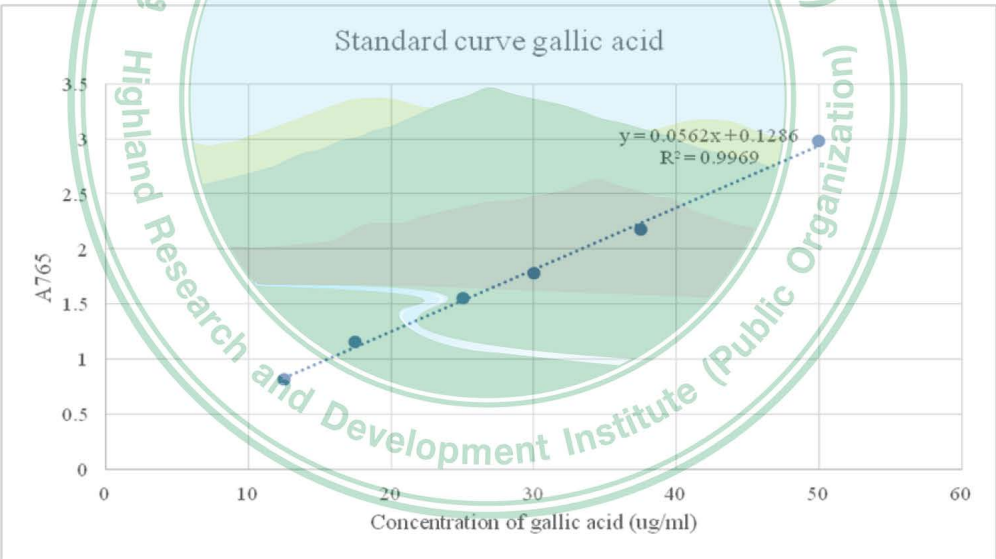
	Linoleic acid (C18:2 n-6 cis)	12.04
	Linolenic acid (C18:3 n-3)	48.37

หมายเหตุ ND คือ Not detected ตรวจไม่พบด้วยวิธีการและสภาวะวิเคราะห์ดังกล่าว

ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในน้ำมันกระเทียมที่ได้จากกระเทียมที่ปลูกโดยทั่วไป (เคมี) และจากกระเทียมที่ปลูกโดยใช้ปัจจัยการผลิตอินทรีย์บนพื้นที่สูง ดังแสดงในตาราง 24 พบว่า น้ำมันกระเทียมเคมีตรวจพบปริมาณกรดไขมันต่ำกว่าที่ตรวจพบในน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ ซึ่งตรวจพบองค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายชนิด โดยเฉพาะน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ตรวจพบปริมาณกรดไขมัน Linolenic acid (C18:3 n-3) สูงถึง 48.37%

4.4 ข้อมูลปริมาณสารพอลิฟีนอลรวม (Total polyphenol) และสารสำคัญหลัก (major component) หรือสารออกฤทธิ์ (active component) ในน้ำมันที่ได้จากพืชแต่ละชนิดด้วยวิธีการที่เหมาะสม

<u>ปริมาณสารพอลิฟีนอลรวม</u> (Total polyphenol) หรือสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ในน้ำมันกระเทียม พบว่า จากผลการเกิดปฏิกิริยารีดักชันของสารประกอบโพลีฟีนอลในการเปลี่ยนสารละลาย Folin-Ciocalteau ซึ่งเป็นสารละลายที่มีสีเหลือง (molybdotung-stophosphoric heteropolyanion reagent) ในสภาวะที่เป็นด่างให้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน (molybdotungstophosphate blue) และวัดค่าการดูดกลืนแสงเทียบกับสารมาตรฐาน gallic acid คำนวณออกมาเป็น Gallic Acid Equivalence (GAE) ซึ่งในการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญในน้ำมันกระเทียมนั้น ได้แสดงผลการทดลองเป็นกราฟของสารมาตรฐานดังภาพ 12 และปริมาณฟีนอลิกรวมดังแสดงในตาราง 25



ภาพ 12 กราฟค่าความสัมพันธ์ของการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานกรดแกลลิก (gallic acid) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่นสูงสุด 765 นาโนเมตร

ตาราง 25 ปริมาณฟีนอลิกรวม (total phenolic contents) ที่ตรวจพบในน้ำมันกระเทียม

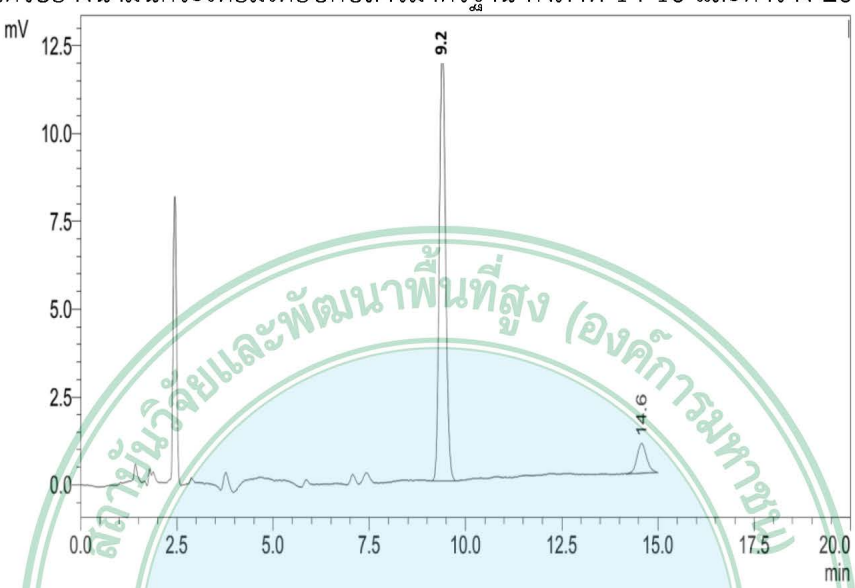
ตัวอย่างกระเทียม	Phenolic content (mg GAE/ g sample) (Mean ± SD)
น้ำมันกระเทียมเคมี	4.77 ± 1.30
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์	6.21 ± 2.04

จากข้อมูลตาราง 25 พบว่า น้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ ตัวอย่างละ 1 กรัม มีปริมาณสารฟีนอลิกเทียบเท่ากับปริมาณสารมาตรฐาน Gallic acid หรือ Gallic acid equivalence (GAE)

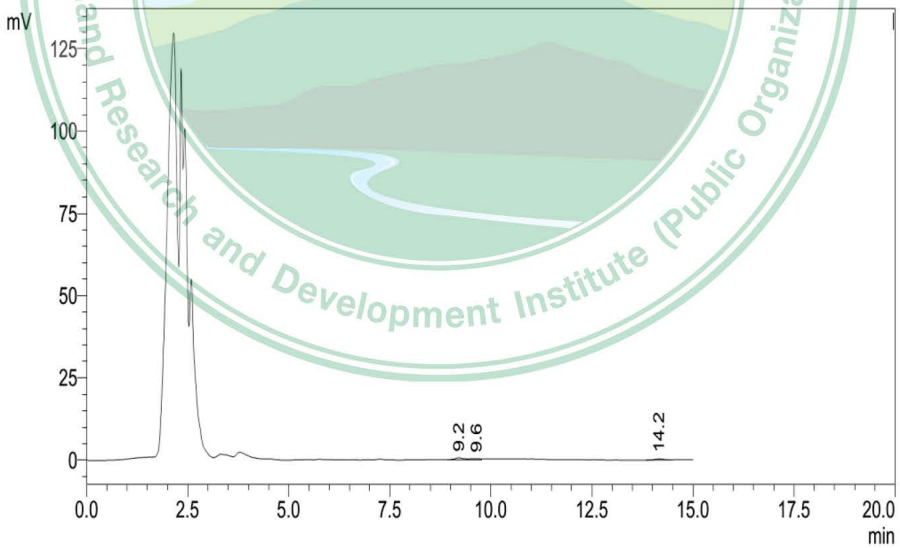
เท่ากับ 4.77 และ 6.21 มิลลิกรัม GAE ตามลำดับ ทั้งนี้ตรวจพบว่าในน้ำมันกระเทียมอินทรีย์มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.5 ข้อมูลสารสำคัญหลัก (major component) หรือสารออกฤทธิ์ (active component) ในน้ำมันแต่ละชนิดด้วย Reverse phase HPLC

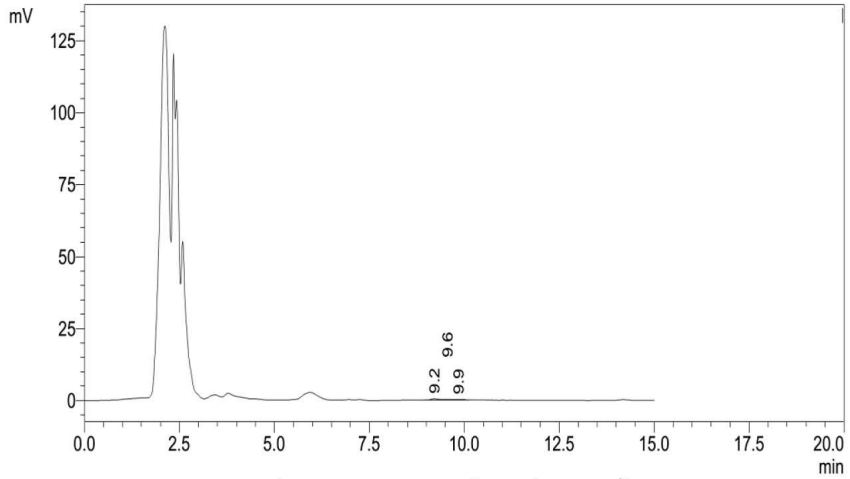
จากภาพ 13 แสดงผลโคมาโทแกรมการวิเคราะห์สารอัลลิซินมาตรฐาน (Standard Allicin) และที่วิเคราะห์พบในตัวอย่างน้ำมันกระเทียมเทียบกับสารมาตรฐาน ดังภาพ 14-16 และตาราง 26



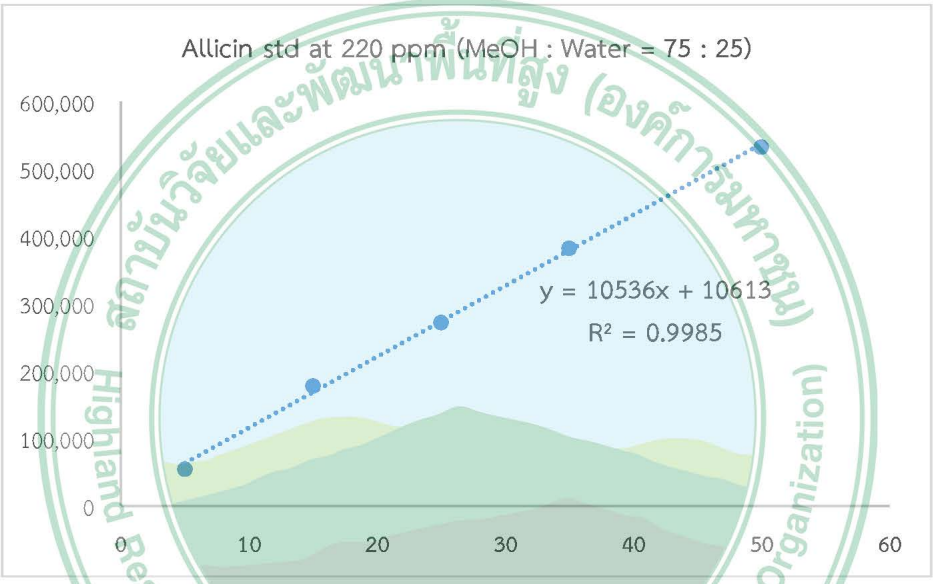
ภาพ 13 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน Allicin ที่ retention time ที่นาทีที่ 9.2



ภาพ 14 โครมาโทแกรมของสาร Allicin ที่ retention time ที่นาทีที่ 9.2 ในน้ำมันกระเทียมเคมี



ภาพ 15 โครมาโทแกรมของสาร Allicin ที่ retention time ที่นาทีที่ 9.2 ในน้ำมันกระเทียมจากกระเทียมอินทรีย์



ภาพ 16 กราฟสารมาตรฐาน Allicin

ตาราง 26 ปริมาณสารอัลลิซินที่วิเคราะห์พบในตัวอย่างน้ำมันกระเทียมด้วย HPLC

ตัวอย่างกระเทียม	ปริมาณสารอัลลิซิน (mg/g ตัวอย่างน้ำมันหรือ ppm)
น้ำมันกระเทียมเคมี	0.27±0.10
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์	0.80±0.16

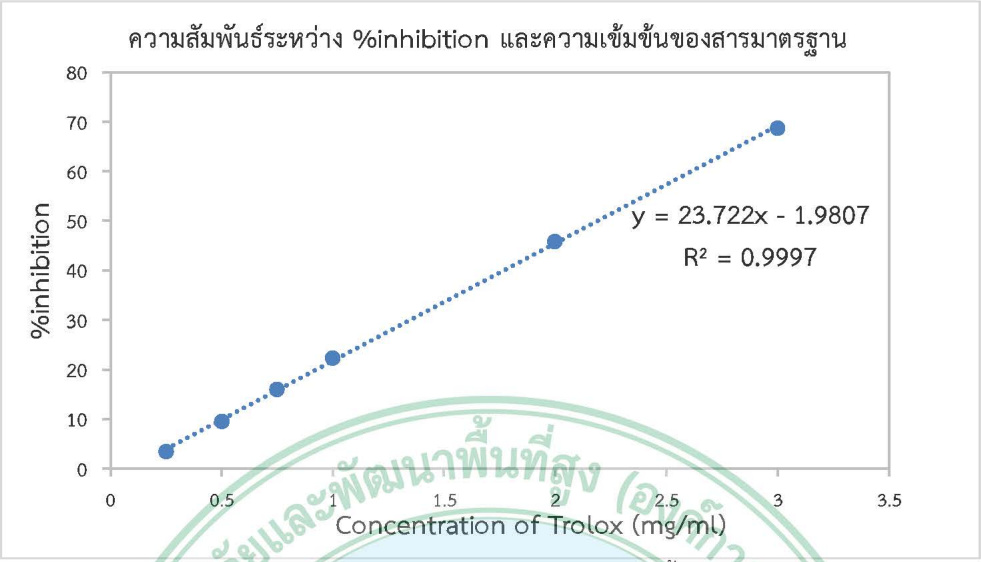
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณอัลลิซินในน้ำมันกระเทียม (ตาราง 26) พบว่า ส่วนน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ตรวจพบปริมาณสารอัลลิซินสูงกว่าในน้ำมันกระเทียมเคมีที่ 0.80±0.16 และ 0.27±0.10 ppm ตามลำดับ

4.6 ข้อมูลฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันกระเทียม

4.6.1 <u>ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันหรืออนุมูลอิสระ</u> (Antioxidant activity)

ศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งการเกิด Lipid peroxidation เทียบกับฤทธิ์ของสารมาตรฐาน ดัดแปลงตามวิธีของ Iwueke และคณะ (Iwueke et al., 2010) เมื่อทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันโดยวิธี Lipid peroxidation ของน้ำมันกระเทียม ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตัวอย่างทดสอบกับค่าร้อยละการยับยั้งโดยเทียบเท่ากับความสามารถในการยับยั้ง Lipid peroxidation ของสาร

มาตรฐาน Trolox (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) และแสดงผลเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%inhibition) ดังแสดงใน ภาพ 17



ภาพ 17 กราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละการยับยั้ง Lipid peroxidation กับความเข้มข้นของสารมาตรฐานโทรล็อกซ์

ตาราง 27 ฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของน้ำมันกระเทียมแสดงเป็นค่าร้อยละผลการยับยั้ง Lipid peroxidation (% inhibition) ค่า TEAC และค่า IC_{50}

ตัวอย่างกระเทียม	% inhibition	ฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระ (mg TEAC/g sample)	IC_{50} (mg/ml)
น้ำมันกระเทียมเคมี			
น้ำมันกระเทียม 25 mg/ml	2.78 ± 1.47	24.85 ± 3.22	
น้ำมันกระเทียม 50 mg/ml	8.67 ± 0.46	47.54 ± 2.56	102.53
น้ำมันกระเทียม 75 mg/ml	17.53 ± 0.93	86.75 ± 3.48	
น้ำมันกระเทียม 100 mg/ml	19.81 ± 0.70	90.68 ± 4.53	
น้ำมันกระเทียม 150 mg/ml	22.27 ± 0.93	101.57 ± 5.26	
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์			
น้ำมันกระเทียม 25 mg/ml	9.85 ± 1.08	42.64 ± 2.28	
น้ำมันกระเทียม 50 mg/ml	20.54 ± 2.32	86.57 ± 4.11	87.28
น้ำมันกระเทียม 75 mg/ml	28.76 ± 1.01	118.65 ± 5.02	
น้ำมันกระเทียม 100 mg/ml	47.95 ± 3.11	196.53 ± 5.25	
น้ำมันกระเทียม 150 mg/ml	59.23 ± 2.12	194.76 ± 6.48	

จากผลตาราง 27 แสดงให้เห็นว่าน้ำมันกระเทียมมีฤทธิ์ยับยั้ง Lipid peroxidation เทียบเท่ากับสารมาตรฐานโทรล็อกที่ปริมาณต่าง ๆ ของน้ำมัน และเมื่อคำนวณค่า IC_{50} ของน้ำมันกระเทียมเคมีและอินทรีย์มีค่าประมาณ 102.53 และ 87.28 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรน้ำมัน ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันกระเทียมมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ดี เพราะมีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันและยังมีสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ ในส่วนของน้ำมันกระเทียม 1 กรัม มีฤทธิ์ยับยั้ง Lipid peroxidation เทียบเท่ากับสาร

มาตรฐานโทรล็อก 101.57-194.76 มิลลิกรัม ที่ปริมาณสูงสุด 150 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรน้ำมันกระเทียม และเมื่อคำนวณค่า IC_{50} มีค่าประมาณ 87.28-102.53 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

4.6.2 <u>ฤทธิ์ลดหรือยับยั้งภาวะเมแทบอลิกซินโดรมในโรคติดต่อไม่เรื้อรัง</u>

โรคติดต่อไม่เรื้อรัง เช่น เบาหวาน ไขมัน และความดัน เป็นต้น โดยผ่านการศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเมแทบอไลต์และกิจกรรมเอนไซม์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง คือ

1) ฤทธิ์ยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase และ α-glucosidase ของน้ำมันโดย ตาม Oyedemi et al. (2017) ดังตาราง 28

ตาราง 28 ค่า IC_{50} การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase และ α-glucosidase ของน้ำมันกระเทียม

ตัวอย่างกระเทียม	IC_{50} (mg/ml) of α-amylase inhibition	IC_{50} (mg/ml) of α- glucosidase inhibition
น้ำมันกระเทียมเคมี	1.40±0.00	1.22 ±0.00
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์	1.38 ±0.00	1.19 ±0.00
ชุดควบคุม acarbose	0.16±0.02	0.18±0.01

จากผลตาราง 28 พบว่า น้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ให้ผลในการยับยั้งเอนไซม์ α-amylase และ α-glucosidase ได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยน้ำมันกระเทียมเคมีมีค่า IC_{50} ในการยับยั้ง α-amylase และ α- glucosidase เป็น 1.40 ±0.00 และ 1.22 ±0.00 มก./มล. น้ำมันกระเทียม ตามลำดับ ส่วนน้ำมันกระเทียมอินทรีย์มีค่า IC_{50} ในการยับยั้ง α-amylase และ α-glucosidase เป็น 1.38 ±0.00 และ 1.19 ±0.00 มก./มล. น้ำมันกระเทียม ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการยับยั้งของชุดควบคุมชนิดบวก (positive control) acarbose ซึ่งเป็นยาลดน้ำตาลในเลือดออกฤทธิ์เป็น α-Glucosidase inhibitor นำมาใช้รักษาผู้ป่วยเบาหวานโดยลดการดูดซึมสารอาหารที่ลำไส้เล็กส่วนต้น โดยพิจารณาจากค่า IC_{50} พบว่า acarbose ให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ทั้งสองชนิดได้ดีกว่าน้ำมันและสารสกัดทดสอบประมาณ 5-20 เท่า

2) ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ Angiotensin-Converting Enzyme (ACE)

ตาราง 29 ค่า IC_{50} การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ Angiotensin-I Converting Enzyme (ACE) ของน้ำมันกระเทียม

ตัวอย่างกระเทียม	IC_{50} (μg/ml)
น้ำมันกระเทียมเคมี	164.58±4.42
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์	162.73 ±2.30

จากตาราง 29 แสดงผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ Angiotensin-I Converting Enzyme (ACE) ของน้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ ที่มีฤทธิ์ทดสอบใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยน้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ ให้ค่า IC_{50} การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ Angiotensin-I Converting Enzyme (ACE) เท่ากับ 164.58±4.42 และ 162.73 ±2.30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ

3) ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ 3-Hydroxy-3-methylglutaryl CoA Reductase (HMG-CoA) วิเคราะห์โดยใช้ HMG-CoA reductase assay kit (Baskaran et al., 2015)

ตาราง 30 ค่าร้อยละการยับยั้ง (%Inhibition) เอนไซม์ 3-Hydroxy-3-methylglutaryl CoA (HMG-CoA) reductase ของน้ำมันกระเทียม

ตัวอย่างกระเทียม	%Inhibition
น้ำมันกระเทียมเคมี 5 mg/ml	24.78±0.00
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์ 5 mg/ml	25.14±0.00

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ 3-Hydroxy-3-methylglutaryl CoA (HMG-CoA) reductase ของน้ำมันกระเทียม ดังตาราง 30 พบว่า ตัวอย่างน้ำมันทดสอบมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ HMG-CoA reductase ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) น้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์มีค่าร้อยละการยับยั้ง (%inhibition) เอนไซม์ HMG-CoA เท่ากับ 24.78±0.00 และ 25.14±0.00 ตามลำดับ

4.6.3 <u>ฤทธิ์ต่อสมดุลจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร</u>

โดยศึกษาผลต่อการส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียชนิดที่เป็นประโยชน์และไม่ส่งเสริมหรือยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดก่อโรคที่มีรายงานพบในระบบทางเดินอาหารมนุษย์ เช่น แบคทีเรียชนิดดี *Lactobacillus* sp. และ *Bifidobacterium* sp. ตัวแทนแบคทีเรียก่อโรค เช่น *E. coli Salmonella* sp. โดยการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงแบคทีเรียโพรไบโอติก คือ อาหารเหลว MRS โดยมีสูตรมาตรฐาน (มี dextrose เป็นแหล่งคาร์บอน) และสูตรที่ปราศจากแหล่งคาร์บอนแต่เติมน้ำมันกระเทียมทดสอบเป็นแหล่งคาร์บอนแทน dextrose และเมื่อเพาะเลี้ยงแบคทีเรียแต่ละชนิดแล้วบ่ม นำมาตรวจวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียแต่ละชนิดและคำนวณหาค่าดัชนีพรีไบโอติก ดังสมการ

Prebiotic index (PI) = (Bif/Total) + (Lac/Total) – (Ec/Total) –(Sal/Total)

Bif หมายถึง ปริมาณแบคทีเรีย Bifidobacteria ที่ตรวจนับ ณ เวลาเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ – ณ เวลาที่ 0 ชั่วโมง
Lac หมายถึง ปริมาณแบคทีเรีย Lactobacilli ที่ตรวจนับ ณ เวลาเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ – ณ เวลาที่ 0 ชั่วโมง
Sal หมายถึง ปริมาณแบคทีเรีย *Salmonella* ที่ตรวจนับ ณ เวลาเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ – ณ เวลาที่ 0 ชั่วโมง
Ec หมายถึง ปริมาณแบคทีเรีย *E. coli* ที่ตรวจนับ ณ เวลาเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ – ณ เวลาที่ 0 ชั่วโมง
Total หมายถึง ปริมาณแบคทีเรียโดยรวมที่ตรวจนับ ณ เวลาเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ – ณ เวลาที่ 0 ชั่วโมง

ผลจากการศึกษาปริมาณของจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่เจริญในอาหารที่ผสมผงหรือแป้งแทนน้ำตาลในสูตรอาหารตามปกติ คือ น้ำตาลกลูโคส เมื่อนำมาคำนวณค่าดัชนีพรีไบโอติกตามสูตรดังกล่าวข้างต้น มีค่าดังนี้

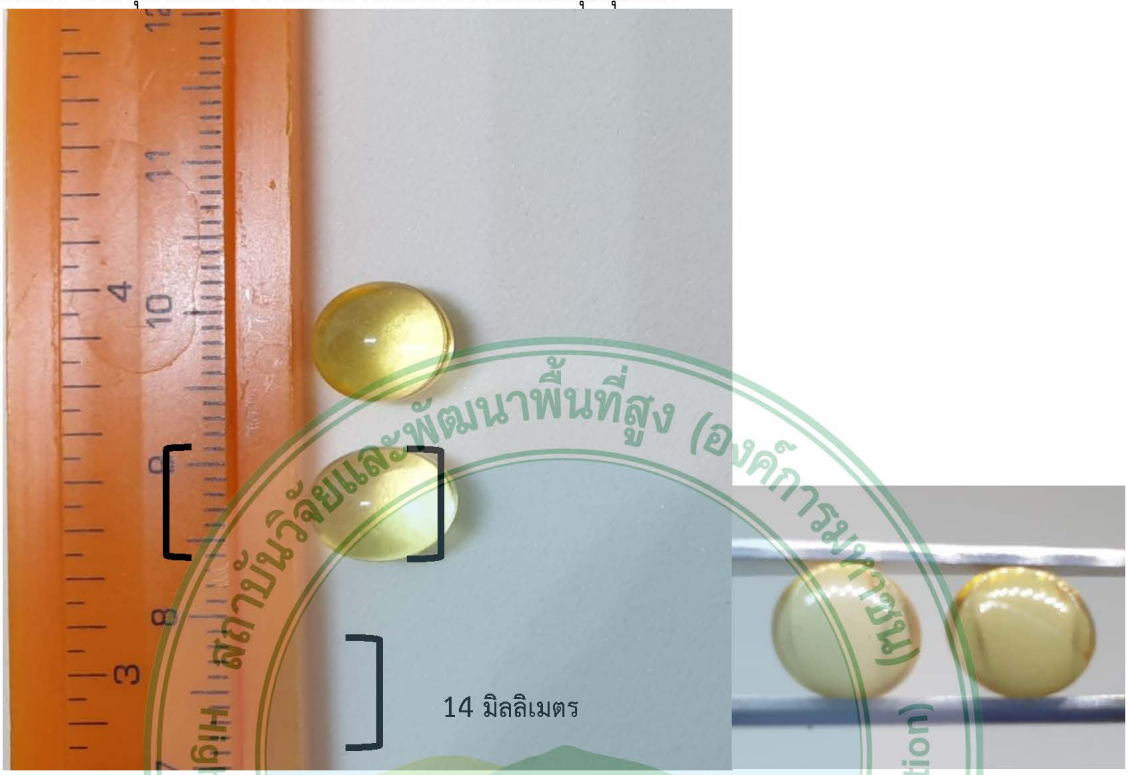
ตาราง 31 ค่าดัชนีพรีไบโอติก (ความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียที่มีประโยชน์)

ตัวอย่างกระเทียม	ดัชนีพรีไบโอติก (Prebiotic index)
น้ำมันกระเทียมเคมี	0.10±0.00
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์	0.10±0.00

จากผลการทดสอบค่าดัชนีพรีไบโอติก (ตาราง 31) พบว่า ตัวอย่างน้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ซึ่งน้ำมันกระเทียมทั้งสองชนิดสามารถส่งเสริมการเจริญชองแบคทีเรียชนิดดีได้สูงกว่าแบคทีรียทดสอบที่เป็นตัวแทนเชื้อโรค แต่ค่า Prebiotic index ที่มีค่าไม่สูงนัก

4.7 ต้นแบบน้ำมันกระเทียมบรรจุแคปซูลนิ่ม

บรรจุน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ในรูปแบบแคปซูลนิ่ม โดยแคปซูลนิ่มดังกล่าวสามารถจุน้ำมันได้ปริมาณ 320 มิลลิกรัม/แคปซูลนิ่ม และมีลักษณะแสดงดังภาพ 18 โดยแคปซูลนิ่มมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 14 มิลลิเมตร บรรจุน้ำมันใส ซึ่งกลิ่นของน้ำมันกระเทียมไม่ฉุนรุนแรง



ภาพ 18 ลักษณะแคปซูลนิ่มน้ำมันกระเทียมอินทรีย์

4.8 ศึกษาความคงตัว (Stability test) และทดสอบสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ที่บรรจุแคปซูลนิ่ม

ในแคปซูลนิ่มที่ผ่านการทดสอบความคงตัว ที่สภาวะต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 4°C± 2°C และ 30°C ± 2°C /75 ±5 %RH อ้างอิงตาม ANNEX V: ASEAN Guidelines on stability study and shelf-life of traditional medicines และ Guidelines for Stability Testing of Pharmaceutical Products Containing Well-Established Drug Substances in Conventional Dosage Form (In: WHO Expert Committee on Specifications for Pharmaceutical Preparations – WHO โดยทดสอบที่ตู้ควบคุมความชื้นและอุณหภูมิที่ 30 °C เก็บตำรับแคปซูลนิ่มน้ำมันกระเทียมเป็นเวลา 2 เดือน แล้วนำมาสกัดเฉพาะส่วนน้ำมันกระเทียมอินทรีย์มาวิเคราะห์ แสดงผลการทดสอบทางกายภาพและเคมี ดังนี้

4.8.1 <u>ปริมาณสารสำคัญฟินอลิกรวม (total phenolic contents) และสารอัลลิซิน (Allicin)</u>

ตาราง 32 ปริมาณฟินอลิกรวมและอัลลิซินในน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ที่เก็บในภาชนะทึบแสง ภายใต้สภาวะทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 2 เดือน

ตัวอย่าง	สภาวะ	ปริมาณสารสำคัญ	
		Phenolic content (mg GAE/ g sample) (Mean ± SD)	ปริมาณสารอัลลิซิน (mg/g ตัวอย่างน้ำมันหรือ ppm)
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์บรรจุในแคปซูลนิ่ม	T0 (4°C)	6.21 ± 2.04	0.80±0.16
	T2 (4°C)	6.20 ± 0.08	0.80±0.00
	%Degradation	0.16	0.00
	T0 (30°C)	6.21 ± 2.04	0.80±0.16
	T2 (30°C)	6.19 ± 0.06	0.80±0.00
	%Degradation	0.32	0.00

หมายเหตุ T0 = เวลาเริ่มต้นก่อนการเก็บที่สภาวะทดสอบความคงตัวของน้ำมัน
T2 = เวลา 2 เดือนหลังการเก็บที่สภาวะทดสอบความคงตัวของน้ำมัน

ตาราง 33 ปริมาณกรดไขมันในน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ที่เก็บในภาชนะทึบแสง ภายใต้สภาวะทดสอบความคงตัวเป็นเวลา 2 เดือน

ตัวอย่าง	สภาวะ	ปริมาณกรดไขมันที่พบ (%)				
		Palmitic acid (C16:0)	Steric acid (C18:0)	Oleic acid (C18:1 n-9 cis)	Linoleic acid (C18:2 n-6 cis)	Linolenic acid (C18:3 n-3)
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์บรรจุในแคปซูลนิ่ม	T0 (4°C)	2.64	1.43	7.12	12.04	48.37
	T2 (4°C)	2.64	1.43	7.12	12.04	48.37
	%Degradation	0.76	2.09	0.00	0.00	0.00
	T0 (30°C)	2.64	1.43	7.12	12.04	48.37
	T2 (30°C)	2.62	1.40	7.12	12.04	48.37
	%Degradation	0.76	2.09	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ T0 = เวลาเริ่มต้นก่อนการเก็บที่สภาวะทดสอบความคงตัวของน้ำมัน
T2 = เวลา 2 เดือนหลังการเก็บที่สภาวะทดสอบความคงตัวของน้ำมัน

จากผลการทดสอบความคงตัวโดยวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญและกรดไขมันในน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ (ตาราง 32-33) โดยเก็บในภาชนะทึบแสง ภายใต้อุณหภูมิ 4 °C สลับกับ 30 °C เป็นระยะเวลา 2 เดือน แล้วนำมาวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ และวิเคราะห์เป็นค่าร้อยละการสลายตัว พบว่า สารสำคัญในตัวอย่างน้ำมันมีค่าร้อยละการสลายตัวที่ต่ำมาก และไม่พบการสลายตัวของสารในบางสภาวะจากการวิเคราะห์ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 อีกทั้งยังพบว่าการสลายตัวโดยแสดงเป็น %Degradation ที่ต่ำมาก จึงสรุปได้ว่า สารสำคัญพอลิฟีนอล

รวม อัลลิซิน และกรดไขมันในน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ที่บรรจุในแคปซูลนิ่มมีความคงตัว นอกจากนี้ลักษณะทางกายภาพของแคปซูลนิ่มและน้ำมันที่บรรจุภายในแคปซูลนิ่มมีความคงตัวสูงเช่นกัน

4.9 ต้นทุนโดยประมาณของแคปซูลนิ่มน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ ต้นทุนของน้ำมันสกัด

ตัวอย่าง	น้ำหนักกระเทียมอินทรีย์สดเริ่มต้น (กิโลกรัม)	น้ำหนักกระเทียมอินทรีย์สดอบแห้งร่อนเปลือกและโขลก (กิโลกรัม)	ปริมาณน้ำมัน (กรัม)	% yield น้ำมัน	
				ต่อน้ำหนักกระเทียมสด	ต่อน้ำหนักกระเทียมแห้งแห้ง
น้ำมันกระเทียมอินทรีย์	51.3	50	4.33	8.44	8.67

<u>ต้นทุนน้ำมันกระเทียมอินทรีย์สกัดโดยการบีบเย็นบรรจุแคปซูลนิ่ม</u>

(1) ค่าวัตถุดิบน้ำมันกระเทียม

ให้ราคาพืชวัตถุดิบกระเทียมอินทรีย์สด น้ำหนักกิโลกรัมสด <u>ราคาประมาณกิโลกรัมละ 50 บาท</u> ดังนั้น น้ำมันกระเทียม 1 กิโลกรัม มาจากกระเทียมสด 11.84 กิโลกรัม เท่ากับ

น้ำมันกระเทียม 1 กิโลกรัม = กระเทียมสด 11.84 กิโลกรัม x 50 บาท

= 592 บาท

(2) ค่าจ้างเหมาบีบเย็น รวมค่าจ้างเหมาบีบเย็นด้วยเครื่อง Hydraulic cold press คิดต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม

กระเทียมสด 51.3 กิโลกรัม บีบเย็นได้น้ำมัน 4.3 กิโลกรัม ราคาจ้างเหมา 8,000 บาท

คิดต่อน้ำมันกระเทียม 1 กิโลกรัม = 1,860 บาท

(3) ค่าจ้างเหมาวัสดุแคปซูลนิ่มและการบรรจุแคปซูลนิ่ม

ราคาเม็ดละ 2 บาท ผลิต 10,000 เม็ด x 2 บาท

= 20,000 บาท

(4) ค่าจ้างเหมาวิเคราะห์คุณสมบัติเคมี กายภาพ ความคงตัว ค่าสาธารณูปโภคในการเตรียมกระเทียมก่อนบีบน้ำมัน และค่าบรรจุภัณฑ์ จัดทำฉลากแคปซูลนิ่มคิดเป็นเงินโดยประมาณ

= 70,000 บาท

ดังนั้น ต้นทุนการผลิตน้ำมันกระเทียมอินทรีย์จำนวน 3 กิโลกรัม (จำนวนประมาณ 10,000 แคปซูลนิ่ม) รวมเป็นเงินทั้งหมด (1)-(4) = 592+1,860+20,000+70,000 = 92,452 บาท จำนวน 10,000 แคปซูล

ดังนั้น ราคา = 92,452/10,000

= 9.24 บาท/แคปซูลนิ่มขนาดบรรจุประมาณ 320 มิลลิกรัม

หมายเหตุ ราคาสุทธิของน้ำมันกระเทียมอินทรีย์บรรจุในแคปซูลนิ่มเป็นราคาโดยประมาณ ซึ่งมีราคาสูงจากค่าบริหารเริ่มต้นที่วิเคราะห์คุณสมบัติทั้งกายภาพ เคมี และชีวภาพของน้ำมันกระเทียมเคมี และกระเทียมอินทรีย์ อีกทั้ง การบรรจุแคปซูลนิ่มจะมีปริมาณน้ำมันขั้นต่ำจำนวนมากในการผลิตต่อครั้ง จึงทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบพันธุ์กระเทียมที่มีคุณค่าทางโภชนเภสัชสูงสำหรับปลูกบนพื้นที่สูง

- กระเทียมพันธุ์เชียงดาวเมื่อปลูกทดสอบที่ระดับความสูง 1,100 MSL ที่อายุ 90 วันหลังปลูกมีการเจริญเติบโตทางลำต้นใหญ่สุดที่ 6.87 มม.ต่อต้น รองลงมาคือ พันธุ์น้ำปาด แม่ฮ่องสอน และบ้านโฮ่ง ตามลำดับ
- ในระยะเก็บเกี่ยว พันธุ์บ้านโฮ่งที่ปลูกระดับความสูง 400 MSL มีขนาดหัวพันธุ์ใหญ่สุด คือ 3.76 เซนติเมตรต่อหัว (เส้นผ่านศูนย์กลางหัว) น้ำหนักหัวเฉลี่ย 15.8 กรัม และที่ระดับความสูงพื้นที่ 900-1,100 MSL พันธุ์เชียงดาวมีน้ำหนักหัวเฉลี่ยสูงสุดที่ 16.0-16.4 กรัม
- จากผลการวิเคราะห์สารสำคัญทางเภสัชวิทยาของกระเทียม 3 พันธุ์ พบว่า พันธุ์กระเทียมบ้านโฮ่งเมื่อปลูกระดับความสูง 1,100 MSL มีปริมาณ Diallyl disulfide และ Diallyl trisulfide สูงสุดที่ 750.84 และ 523.61 mg/kg ตามลำดับ สำหรับสารกลุ่ม Flavonoid ตรวจพบมากในกระเทียมพันธุ์น้ำปาดเมื่อปลูกที่ระดับความสูง 400 MSL มีปริมาณ 333.51 mg/kg ซึ่งสาร Diallyl disulfide และ Diallyl trisulfide เป็นสารกลุ่มอนุพันธุ์ของอัลลิซินที่เป็นสารประกอบด้วยกำมะถัน (Hughes *et al.*, 2004) จากการรายงานของ Ziegler and Sticher (1989) ที่ได้วิเคราะห์หาปริมาณสารอัลลิอินด้วยวิธีโครมาโตแกรมในตัวอย่างกระเทียม พบว่าความผันแปรของปริมาณสารอัลลิอินในกระเทียมอาจเนื่องมาจากพันธุ์ปลูก สภาพพื้นที่เพาะปลูก ความแก่-อ่อน เมื่อเก็บเกี่ยว (maturity) ระยะที่เก็บเกี่ยว (harvesting time) และสภาพของดินที่แตกต่างกัน
- ที่ระดับความสูง 1,100 MSL พันธุ์กระเทียมบ้านโฮ่ง ตรวจพบวิตามินบี1 ในปริมาณสูงสุดที่ 0.136 mg/100g และพบว่ามีปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) ตรวจพบปริมาณสูงสุดที่ 317 mg/100g ในพันธุ์กระเทียมบ้านโฮ่งและพันธุ์เชียงดาว เมื่อปลูกที่ระดับความสูง 900 MSL และ1,100 MSL สำหรับธาตุเหล็ก (Fe) ในกระเทียมทั้ง 3 พันธุ์ พบว่ามีปริมาณธาตุเหล็กใกล้เคียงกัน (9.3-11.88 mg/kg) โดยเฉพาะที่ระดับความสูง 1,100 MSL พันธุ์น้ำปาดมีปริมาณธาตุเหล็กสูงสุดที่ 11.99 mg/kg
- สำหรับธาตุโพแทสเซียม (K) และ ธาตุสังกะสี (Zn) พบว่า พันธุ์เชียงดาวเมื่อปลูกที่ระดับความสูง 400 MSL มีปริมาณสูงกว่าปลูกที่ระดับความสูง 1,100 MSL ซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมและสังกะสีสูงสุดที่ 7,448 mg/kg และ 14.2 mg/kg ตามลำดับ

2. ผลการทดสอบวิธีการปลูกกระเทียมด้วยปัจจัยการผลิตอินทรีย์สำหรับพื้นที่สูง

2.1 ผลการทดสอบอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และน้ำหมักชีวภาพจากไข่สำหรับการปลูกกระเทียมพื้นที่สูง

- ที่ระดับความสูง 1,1000 MSL กระเทียมอายุ 90 วันหลังปลูก เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 75 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพจากไข่ (ฮอร์โมนไข่) อัตรา 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร มีการเจริญเติบโตทางลำต้น (ขนาดลำต้น) ใหญ่สุดที่ 8.69 มม.
- ที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า น้ำหนักกระเทียมสดในพื้นที่ทดสอบระดับความสูง 900 MSL กรรมวิธีปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 25 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นฮอร์โมนไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร ให้น้ำหนักกระเทียมสดสูงสุดเฉลี่ย 1,232.59 กก.ต่อไร่ และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 75 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด 49.49%
- ที่ระยะเก็บเกี่ยวในพื้นที่ทดสอบระดับความสูง 1,100 MSL พบว่า น้ำหนักกระเทียมสดจากกรรมวิธีใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 50 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นฮอร์โมนไข่ 20 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร ให้น้ำหนักกระเทียมสดสูงสุดเฉลี่ย 1,866.67 กก.ต่อไร่ เมื่อเก็บรักษาจนกระทั่งกระเทียมแห้งสนิทที่ระยะประมาณ 5 เดือนหลังเก็บ

เกี่ยว กรรมวิธีใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 75 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำสุด 56.04%

- ที่อายุเก็บรักษา 8 เดือน เมื่อนำกระเทียมปอกเปลือกและแกะกลีบที่สมบูรณ์ พบว่า ที่ระดับความสูง 900 MSL กรรมวิธีใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 50 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นฮอร์โมนไข่ 30 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย (หัวหรือกลีบฝ่อ/น้ำหนักเปลือกกระเทียมที่ทิ้ง) น้อยสุดที่ 21.13% สำหรับพื้นที่ทดสอบระดับความสูง 1,100 MSL กรรมวิธีใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 25 กก.ต่อไร่ ฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพจากไข่ 10 มล.ต่อน้ำ 20 ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียต่ำสุดที่ 22.93%

2.2 ผลการทดสอบและสาธิตการปลูกกระเทียมอินทรีย์ร่วมกับเกษตรกรพื้นที่สูง

- ดำเนินการปลูกสาธิตและทดสอบกระเทียมร่วมกับเกษตรกรบนพื้นที่สูง 5 พื้นที่ 10 ชุมชน จำนวน 53 ราย ที่ระดับความสูงพื้นที่ตั้งแต่ 500-1,000 MSL โดยวิธีการปลูกระเทียมภายใต้การใช้ปัจจัยการผลิตอินทรีย์ พบว่า พื้นที่สูงทุกชุมชนสามารถปลูกระเทียมได้ผลผลิตดี เป็นที่พึงพอใจของเกษตรกร ซึ่งแต่ละพื้นที่ได้ผลผลิตกระเทียม ดังนี้

  พื้นที่อินทนนท์ (ระดับความสูง 500 MSL) ได้น้ำหนักสดกระเทียมสูงสุด 1,508 กก.ต่อไร่
  พื้นที่ทุ่งหลวง (ระดับความสูง 900 MSL) ได้น้ำหนักสดกระเทียมสูงสุด 1,016 กก.ต่อไร่
  พื้นที่เลอตอ (ระดับความสูง 800 MSL) ได้น้ำหนักสดกระเทียมสูงสุด 736 กก.ต่อไร่
  พื้นที่ขุนตื่นน้อย (ระดับความสูง 1,000 MSL) ได้น้ำหนักสดกระเทียมสูงสุด 2,560 กก.ต่อไร่
  พื้นที่ป่าเกี๊ยะใหม่ (ระดับความสูง 800 MSL) ได้น้ำหนักสดกระเทียมสูงสุด 1,376 กก.ต่อไร่

3. ผลการศึกษาและทดสอบวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาของกลีบกระเทียมจากพื้นที่สูง

วิธีการเก็บรักษากลีบกระเทียมในถุงพลาสติก สภาพสุญญากาศที่ระยะ 30 วันหลังเก็บรักษา กลีบกระเทียมทั้ง 3 ลักษณะ คือ กลีบชั้นนอก กลีบชั้นกลาง และกลีบชั้นใน ที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง, 5 °C และ 10 °C พบว่า ทุกกรรมวิธีทดสอบกลีบกระเทียมยังไม่พบการงอก ไม่ฝ่อหรือเน่า แต่เมื่อเก็บรักษาไปถึงระยะ 60 วันขึ้นไป เริ่มพบการฝ่อเน่าของกลีบชั้นนอกมากสุดที่ 63.33% ของกลีบกระเทียมที่เก็บรักษาในถุงซีลสุญญากาศที่อุณหภูมิห้อง (ควบคุม) และเมื่อเก็บรักษาจนกระทั่งระยะ 90 วัน พบว่ากลีบกระเทียมทุกลักษณะเน่า/ฝ่อจนหมด สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C และอุณหภูมิ 10 °C ยังไม่พบการงอกของกลีบ กลีบไม่ฝ่อ/แห้งหรือเน่า และยังสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 150 วันหรือ 5 เดือน

4. ผลการศึกษาแนวทางการแปรรูปสร้างมูลค่าแก่กระเทียมอินทรีย์

4.1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำมันกระเทียมทั่วไป (เคมี) มีสีเหลืองทอง ขุ่นเล็กน้อย มีกลิ่นเฉพาะตัวของกระเทียม น้ำมันไม่แยกชั้น ไม่เหม็นหืน และกระเทียมอินทรีย์ พบว่า สีเหลืองทองเข้ม ขุ่นเล็กน้อยมีกลิ่นเฉพาะตัวของกระเทียม น้ำมันไม่แยกชั้น ไม่เหม็นหืน

4.2 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันกระเทียมที่ได้จากพื้นที่สูงเพื่อประเมินคุณภาพเบื้องต้น ดังนี้

- ค่าความเป็นกรดของน้ำมันกระเทียมเคมีและอินทรีย์ มีค่าเท่ากับ 1.44 และ 0.67 มิลลิกรัม KOH ต่อกรัมของน้ำมัน (KOH/g oil) ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานที่ระบุไว้ในประกาศฯ (ไม่เกิน 4.0 สำหรับน้ำมันและไขมันซึ่งทำโดยวิธีธรรมชาติ) ทั้งนี้ควรพิจารณาคุณภาพของน้ำมันร่วมกับค่าวิเคราะห์อื่น ๆ ต่อไป
- ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ของน้ำมันทั้งหมดผ่านมาตรฐานที่ระบุไว้ตามประกาศฯ (ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลต่อน้ำมันและไขมัน 1 กิโลกรัม)

4.3 ข้อมูลคุณค่าทางอาหาร (Proximate analysis)

- ปริมาณของคุณค่าทางอาหาร คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย เถ้า ความชื้น โปรตีน ไขมัน ของน้ำมันและสารสกัดพืชวิเคราะห์ค่าทางอาหาร ในส่วนน้ำมันกระเทียมเคมีและอินทรีย์มีค่าใกล้เคียงกัน ประกอบด้วย ส่วนไขมันสูงที่สุดในช่วง 87.79-88.54 กรัมต่อ 100 กรัม และพบสารอาหารพวกเยื่อใย โปรตีนในปริมาณต่ำ ส่วนคาร์โบไฮเดรตตรวจไม่พบ
- น้ำมันกระเทียมเคมีตรวจพบปริมาณกรดไขมันต่ำกว่าที่ตรวจพบในน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ ซึ่งตรวจพบองค์ประกอบกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายชนิด โดยเฉพาะน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ตรวจพบปริมาณกรดไขมัน Linolenic acid (C18:3 n-3) สูงถึง 48.37% และเมื่อพิจารณากรดไขมันที่มีรายงานว่าเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ และมีการพัฒนาน้ำมันเพื่อสุขภาพโดยรายงานผลค่ากรดไขมันดังกล่าว เช่น โอเมก้า-3 หรือ Linolenic acid (C18:3 n-3) โอเมก้า-6 หรือ Linoleic acid (C18:2 n-6 cis) โอเมก้า-9 หรือ Oleic acid (C18:1 n-9 cis) เป็นต้น ซึ่งในโอเมก้า-3 จะประกอบไปด้วยกรดไขมันที่มีบทบาทสำคัญต่อสมอง คือ ดีเอชเอ (docosahexaenoic acid (DHA)) ซึ่งมีรายงานว่า ดีเอชเอนั้นอาจใช้เป็นการรักษาเสริมสำหรับโรคสมองและความจำ รวมทั้งโรคอัลไซเมอร์ได้ (Cederholm et al., 2010) ส่วน oleic acid และกรดไขมัน palmitic และ stearic acids ส่งผลต่อการคลายตัวและขยายหลอดเลือด ทำให้ความดันลดลง ต้านอนุมูลอิสระ ลดการอักเสบที่มีผลต่อการเสื่อมของสุขภาพ ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจลดลงลดการอักเสบซึ่งช่วยลดการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ (Callaway, 2004; Hazekamp et al., 2010) ทั้งนี้ ในน้ำมันกระเทียมเฉพาะส่วนน้ำมันใสที่ผ่านการกรองแยกไขกากตะกอนออกไปนั้น ตรวจพบกรดไขมันชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพในปริมาณไม่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันส่วนที่ปนไขกากตะกอน

  ทั้งนี้ ยังมีรายงานถึงประโยชน์ของกรดไขมันหลายชนิดที่พบในน้ำมันที่สกัดจากพืช โดยพบว่า linolenic acid (LA) เป็นสารตั้งต้นในการผลิต dihomo γ-linolenic acid (DGLA) และ arachidonic acid ในร่างกาย ในขณะที่ α-linolenic acid gramma linolenic acid (GLA) (18:3ω6) จำเป็นต่อการสร้าง eicosapentaenoic acid ในร่างกาย ซึ่งช่วยต้านการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ รวมไปถึงโรคอ้วน และเบาหวานได้อีกด้วย (Leizer et al., 2000; Sokoła-Wysoczańska et al., 2018) และลดการอักเสบซึ่งช่วยลดการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยการศึกษาทางคลินิกในผู้ป่วย และศึกษาในหนูทดลองโดยวิเคราะห์ในเลือดหนูทดลองด้วยวิธีการทาง immunoassay (Leizer et al., 2000; Chang et al., 2010; Rocha et al., 2011) ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์พบชนิดของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายชนิดนี้ อาจส่งผลต่อตัวบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับโรคความเสื่อมต่าง ๆ ของร่างกายและช่วยดูแลสุขภาพได้ ซึ่งต้องศึกษาผลความสัมพันธ์กับฤทธิ์ทางชีวภาพต่อไป

4.4 ปริมาณสารพอลิฟีนอลรวม (Total polyphenol) และสารสำคัญหลัก (major component) หรือสารออกฤทธิ์ (active component)

- น้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ ตัวอย่างละ 1 กรัม มีปริมาณสารฟีนอลิกเทียบเท่ากับปริมาณสารมาตรฐาน Gallic acid หรือ Gallic acid equivalence (GAE) เท่ากับ 4.77 และ 6.21 มิลลิกรัม GAE ตามลำดับ ทั้งนี้ตรวจพบว่าในน้ำมันกระเทียมอินทรีย์มีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีรายงานว่าสารพอลิฟีนอลรวม (Total polyphenol) หรือสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มหนึ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งเป็นองค์ประกอบในพืชหลายชนิดรวมทั้งพืชที่นำมาศึกษา การที่ปริมาณฟีนอลิกรวมมีค่าไม่แตกต่างกันอาจเนื่องจากสารประกอบฟีนอลิกส่วนใหญ่ชอบน้ำจึงละลายออกมาได้ดีเมื่อสกัดด้วยน้ำและ ethanol

แต่ทั้งนี้ ในส่วนของน้ำมันนั้น สามารถตรวจพบปริมาณฟีนอลิกรวมเช่นกัน ซึ่งในกระบวนการสกัดด้วยการบีบเย็นอาจได้สารกลุ่มฟีนอลิกรวมด้วยเช่นกัน

4.5 สารสำคัญหลัก (major component) หรือสารออกฤทธิ์ (active component)

- ปริมาณอัลลิซินในน้ำมันกระเทียมพบว่า ส่วนน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ตรวจพบปริมาณสารอัลลิซินสูงกว่าในน้ำมันกระเทียมเคมีที่ 0.80±0.16 และ 0.27±0.10 ppm ตามลำดับ ทั้งนี้ Eidi et al. (2006) และ Rahman and Lowe (2006) ได้รายงานว่า การสกัดกระเทียมด้วยน้ำร้อนและนำไปทำแห้ง ตรวจพบ Allicin ประมาณ 6.34 ถึง 7.74 มก./กรัมกระเทียมสด และพบปริมาณ Allicin ประมาณ 0.16–13.0 mg/g น้ำมันกระเทียมที่สกัดด้วยการกลั่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย และการสกัดด้วยวิธี Supercritical fluid-CO_2 ซึ่งสาร Allicin สามารถป้องกันการทำงานของระบบประสาทโดยผ่านกลไกฤทธิ์ทางชีวภาพ 3 กลไก โดย (1) ลดหรือยับยั้งการเกาะกลุ่มของ β-amyloid (2) ยับยั้ง tunicamycin ในการเหนี่ยวนำให้เกิดการตายของเซลล์ PC12 (3) ลดภาวะการอักเสบ การเกิดอนุมูลอิสระ เช่น ยับยั้งการเกิด Lipid peroxidation ลด oxidative stress markers และยังเหนี่ยวนำให้สร้าง antioxidant enzymes ยับยั้งการทำงานของ Superoxide dismutase, Glutathione peroxidase, malondialdehyde (MDA) ที่ก่อให้เกิดความเสียหายของเซลล์ประสาทได้ เป็นต้น ที่จะทำให้เกิดความผิดปกติของการทำงานของสารสื่อประสาท และลดการอักเสบของเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างสารสื่อประสาทได้ (Patil and Ravindra, 2008; Shetty et al., 2013; Rafe and Nadjafi, 2014)

ผลการวิเคราะห์สารสำคัญในน้ำมันจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ในน้ำมันที่สกัดจากพืชน้ำมันนั้น มีรายงานถึงองค์ประกอบที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งส่งผลต่อสุขภาพแล้ว ยังมีรายงานพบสารองค์ประกอบหรือสารออกฤทธิ์อื่น ๆ ที่ส่งผลต่อสุขภาพและโรคในระบบต่าง ๆ รวมทั้งผลต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรังด้วย ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงวิเคราะห์สารสำคัญหลักในตัวอย่างน้ำมันกระเทียมด้วยวิธีการ HPLC โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบสารมาตรฐานแตกต่างชนิดกัน โดยวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ คือ วิเคราะห์ปริมาณสารอัลลิซิน (Allicin) ในน้ำมันกระเทียม ซึ่งสารอัลลิซิน (Allicin) และอะโจอีน (Ajoene) ในกระเทียม ช่วยลดการซึมผ่านของโคเลสเตอรอลจากลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือด นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ในการต้านการแข็งตัวของเลือด ยับยั้งการเกาะกันของเกล็ดเลือด ทำให้เลือดเหลวและแข็งตัวช้าอีกด้วย (Wagner et al., 1987) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า สารอัลลิซินและสารองค์ประกอบอื่น ๆ ในสารสกัดจากหัวกระเทียม กระเทียมสดบดละเอียด สารสกัดด้วยน้ำจากกระเทียม สารแขวนลอยของกระเทียมผง น้ำมันหอมระเหย น้ำมันกระเทียม ส่วนสกัดที่ไม่มีขั้วจากน้ำมันกระเทียม และสารสำคัญบางชนิดในกระเทียม สามารถป้องกันการทำลายตับจากสารเหนี่ยวนำให้เป็นเบาหวาน และยังมีรายงานถึงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบ (Hussein et al., 2017; Satyal et al., 2017) ช่วยลดการซึมผ่านของโคเลสเตอรอลจากลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือด นอกจากนี้ ยังมีฤทธิ์ในการต้านการแข็งตัวของเลือด ยับยั้งการเกาะกันของเกล็ดเลือด ทำให้เลือดเหลวและแข็งตัวช้าอีกด้วย (Wagner et al., 1987) ซึ่งฤทธิ์ดังกล่าวของสารสำคัญอัลลิซินในกระเทียมอาจช่วยลดสาเหตุที่จะส่งเสริมให้เกิดความรุนแรงของโรคต่าง ๆ ได้ อีกทั้ง Allicin ยังช่วยลดโคเลสเตอรอลโดยรวม (Total cholesterol) และไตรกลีเซอไรด์ (Triglyceride) ในผู้ป่วยเบาหวาน บดภาวะเครียดออกซิเดชัน (Oxidative stress) หนึ่งสาเหตุของการเกิดภาวะหลอดเลือดหัวใจตีบ โดยศึกษาในอาสาสมัครและเจาะเลือดวิเคราะห์ปริมาณโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์

4.6 ข้อมูลฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันกระเทียม

- <u>ฤทธิ์ต้านออกซิเดชันหรืออนุมูลอิสระ</u> น้ำมันกระเทียมมีฤทธิ์ยับยั้ง Lipid peroxidation เทียบเท่ากับสารมาตรฐานโทรล็อกที่ปริมาณต่าง ๆ ของน้ำมัน และเมื่อคำนวณค่า IC_{50} ของน้ำมันกระเทียมเคมีและอินทรีย์มีค่าประมาณ 102.53 และ 87.28 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรน้ำมัน ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันกระเทียมมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่ดี เพราะมีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันและยังมีสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกซึ่งมีคุณสมบัติในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ ในส่วนของน้ำมันกระเทียม 1 กรัม มีฤทธิ์ยับยั้ง Lipid peroxidation เทียบเท่ากับสารมาตรฐานโทรล็อก 101.57-194.76 มิลลิกรัม ที่ปริมาณสูงสุด 150 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรน้ำมันกระเทียม และเมื่อคำนวณค่า IC_{50} มีค่าประมาณ 87.28-102.53 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
- <u>ฤทธิ์ลดหรือยับยั้งภาวะเมแทบอลิกซินโดรมในโรคติดต่อไม่เรื้อรัง</u>

- ฤทธิ์ยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase และ α-glucosidase ของน้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ให้ผลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยน้ำมันกระเทียมเคมีมีค่า IC_{50} ในการยับยั้ง α-amylase และ α- glucosidase เป็น 1.40 ±0.00 และ 1.22 ±0.00 มก./มล. น้ำมันกระเทียม ตามลำดับ ส่วนน้ำมันกระเทียมอินทรีย์มีค่า IC_{50} ในการยับยั้ง α-amylase และ α-glucosidase เป็น 1.38 ±0.00 และ 1.19 ±0.00 มก./มล. น้ำมันกระเทียม ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการยับยั้งของชุดควบคุมชนิดบวก (positive control) acarbose ซึ่งเป็นยาลดน้ำตาลในเลือดออกฤทธิ์เป็น α-Glucosidase inhibitor นำมาใช้รักษาผู้ป่วยเบาหวานโดยลดการดูดซึมสารอาหารที่ลำไส้เล็กส่วนต้น โดยพิจารณาจากค่า IC_{50} พบว่า acarbose ให้ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ทั้งสองชนิดได้ดีกว่าน้ำมันและสารสกัดทดสอบประมาณ 5-20 เท่า

  ฤทธิ์ยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ α-amylase และ α-glucosidase ของน้ำมันกระเทียม โดยดัดแปลงตาม Oyedemi et al. (2017) ซึ่งเอนไซม์สองชนิดนี้มีบทบาทสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาไฮโดรไลสีสของแป้งเป็นน้ำตาลกลูโคส ทำให้การดูดซึมน้ำตาลกลูโคสจากลำไส้เล็กเข้าสู่กระแสเลือดลดลง ลดภาวการณ์มีน้ำตาลในเลือดสูง ซึ่งการมีกิจกรรมการยับยั้งเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดนี้ของสารสกัดจากธรรมชาติ รวมทั้งน้ำมันกระเทียมนี้จะเป็นแนวทางในการลดกิจกรรมเอนไซม์เพื่อช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานและลดผลข้างเคียงจากการใช้ยาลดระดับน้ำตาลในเลือดซึ่งเมื่อใช้เป็นระยะเวลานานอาจเกิดผลข้างเคียง เช่น ภาวะตับเป็นพิษ อาการไม่พึงประสงค์ในลำไส้เล็ก เป็นต้น อย่างไรก็ตาม จากผลการประเมินในหลอดทดลองนั้นการพบฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ α-amylase และ α-glucosidase ของน้ำมันกระเทียมทั้งที่สกัดได้จากกระเทียมเคมีและอินทรีย์ให้ผลในการยับยั้งได้ดีเท่ากัน จึงเป็นแนวทางในการลดระดับน้ำตาลในเลือดผู้ป่วยเบาหวานและลดผลข้างเคียงจากการใช้ยาลดระดับน้ำตาลในเลือดได้เช่นเดียวกัน

- ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) ของน้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ ที่มีฤทธิ์ทดสอบใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยน้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ ให้ค่า IC_{50} การยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ Angiotensin-I Converting Enzyme (ACE) เท่ากับ 164.58±4.42 และ 162.73 ±2.30 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ดังนั้น จากผลการทดสอบฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Angiotensin-I Converting Enzyme (ACE) โดยน้ำมันกระเทียมทั้งจากกระเทียมเคมีและอินทรีย์ ตรวจพบฤทธิ์ในการยับยั้ง

เอนไซม์ ACE ในหลอดทดลอง ไม่แตกต่างกัน ซึ่ง ACE เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการเกิดภาวะความดันสูง จึงเป็นแนวทางในการใช้น้ำมันกระเทียมและสารสกัดเพื่อประยุกต์ใช้ร่วมกับยาเคมีในการลดความดันสูงได้ ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณสารสำคัญในน้ำมันดังกล่าว พบว่า ในน้ำมันแต่ละชนิดตรวจพบสารสำคัญหลักที่วิเคราะห์จากทบทวนวรรณกรรม

- ฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ 3-Hydroxy-3-methylglutaryl CoA Reductase (HMG-CoA) พบว่า ตัวอย่างน้ำมันทดสอบมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ HMG-CoA reductase ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) น้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์มีค่าร้อยละการยับยั้ง (%inhibition) เอนไซม์ HMG-CoA เท่ากับ 24.78±0.00 และ 25.14±0.00 ตามลำดับ ซึ่งการตรวจพบฤทธิ์ในการยับยั้งเอนไซม์ HMG-CoA reductase นี้ เป็นสมติฐานหนึ่งในการประเมินผลในการลดโคเลสเตอรอลหรือการดูดซึมไขมันของสารได้ ซึ่ง HMG-CoA reductase เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการยับยั้งการดูดซึมไขมัน ช่วยในการลดระดับไขมันในเลือดได้ แต่อย่างไรก็ตาม อาจมีกลไกอื่นที่เกี่ยวข้องกับการลดระดับไขมันในเลือด และผลการทดสอบในหลอดทดลองอาจเหมือนหรือแตกต่างจากผลที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย และฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์อาจขึ้นกับความเข้มข้นของสารสำคัญที่ได้จากการสกัดน้ำมัน ปริมาณของน้ำมันที่ใช้ทดสอบอีกด้วย ดังนั้น ผลการทดสอบในหลอดทดลองจึงเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาฤทธิ์เบื้องต้นของน้ำมันและสารสกัดในการใช้น้ำมันและสารสกัดเพื่อประยุกต์ใช้ร่วมกับยาเคมีในการลดไขมันในเลือดต่อไป

- <u>ฤทธิ์ต่อสมดุลจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร</u> พบว่า ตัวอย่างน้ำมันกระเทียมเคมีและน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งน้ำมันกระเทียมทั้งสองชนิดสามารถส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียชนิดดีได้สูงกว่าแบคทีรียทดสอบที่เป็นตัวแทนเชื้อโรค แต่ค่า Prebiotic index ที่มีค่าไม่สูงนัก อาจเนื่องจากองค์ประกอบในน้ำมันที่เป็นเยื่อใยอาหารหรือแหล่งคาร์บอนให้กับแบคทีเรียเพื่อใช้ในการเจริญมีปริมาณต่ำจึงทำให้ค่าดัชนีพรีไบโอติกต่ำ แต่ทั้งนี้น้ำมันและสารสกัดไม่ส่งเสริมการเจริญของเชื้อโรคเช่นกันเนื่องจากพิจารณาจากค่าดัชนีพรีไบโอติกเป็นค่าบวก อีกทั้งน้ำมันและสารสกัดอาจมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคที่นำมาทดสอบอีกด้วย ซึ่งค่าดัชนีพรีไบโอติกเป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการเป็นพรีไบโอติกที่เหมาะสมในการส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียเป้าหมายที่วิเคราะห์ซึ่งเป็นแบคทีเรียชนิดที่เป็นประโยชน์ (Bifidobacteria และ Lactobacilli) และในทางตรงข้ามปริมาณแบคทีเรียก่อโรค หรือเป็นชนิดที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์มีปริมาณลดลง ซึ่งคุณสมบัติของสารที่เป็นพรีไบโอติกที่ดี คือ การส่งเสริมการเจริญของแบคทีเรียดี เพื่อให้สามารถเจริญได้ดีกว่าเชื้อก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร เพื่อการปรับสมดุลการทำงานในระบบทางเดินอาหารและสุขภาพที่ดี ช่วยป้องกันหรือลดความรุนแรงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ในระบบ ทั้งโรคติดเชื้อและ NCDs

4.7 ความคงตัว (Stability test) และสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ที่บรรจุแคปซูลนิ่ม

ปริมาณสารสำคัญฟินอลิกรวม (total phenolic contents) และสารอัลลิซิน (Allicin) ปริมาณกรดไขมันในน้ำมัน โดยเก็บในภาชนะทึบแสง ภายใต้อุณหภูมิ 4 °C สลับกับ 30 °C เป็นระยะเวลา 2 เดือน พบว่า สารสำคัญในตัวอย่างน้ำมันมีค่าร้อยละการสลายตัวที่ต่ำมาก และไม่พบการสลายตัวของสารในบางสภาวะจากการวิเคราะห์ซึ่งต่ำกว่าร้อยละ 50 อีกทั้งยังพบว่าการสลายตัวโดยแสดงเป็น %Degradation ที่ต่ำมาก จึงสรุปได้ว่า สารสำคัญพอลิฟีนอลรวม อัลลิซิน และกรดไขมันในน้ำมันกระเทียมอินทรีย์ที่บรรจุในแคปซูลนิ่มมีความคงตัว นอกจากนี้ลักษณะทางกายภาพของแคปซูลนิ่มและน้ำมันที่บรรจุภายในแคปซูลนิ่มมีความคงตัวสูงเช่นกัน ซึ่งการคงตัวทางกายภาพและเคมี

(สารสำคัญ สารออกฤทธิ์หลัก) อาจเกิดการการหุ้มด้วยวัสดุบรรจุแคปซูลนิ่มที่ช่วยให้สารสำคัญในน้ำมันกระเทียมรูปแบบตำรับดังกล่าวมีความคงตัวสูง