

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร

4.1.1 ลักษณะปรากฏของสารสกัดกระเทียม

จากการศึกษาลักษณะปรากฏของสารสกัดกระเทียมสดและแห้ง สกัดด้วยน้ำ เอทานอล ปีโตรเลียมอีเทอร์ ร่วมกับวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก พบว่าลักษณะปรากฏของสารสกัดกระเทียมสด มีสีอ่อนกว่าสารสกัดกระเทียมแห้งและการสกัดกระเทียมด้วยน้ำและเอทานอลให้สารสกัดที่มีลักษณะปรากฏที่เหมือนกัน คือ สารสกัดมีลักษณะขุ่นและมีความหนืด ส่วนสารสกัดกระเทียมด้วยปีโตรเลียมอีเทอร์สารสกัดที่ได้มีลักษณะเหลวใส (ตารางที่ 4.1) เนื่องจากน้ำและเอทานอลเป็นตัวทำละลายมีขี้ จะละลายสารที่มีขี้ เช่น ฟีนอลิก โปรตีนบางชนิด และน้ำตาลออกมา จึงส่งผลต่อความข้นหนืดของสารสกัด แต่ปีโตรเลียมอีเทอร์จะสกัดสารละลายไม่มีขี้ เช่น น้ำมันหอมระเหย (essential oil) ลิปิดและน้ำมัน ทำให้ได้สารละลายใส อย่างไรก็ตามการสกัดโดยใช้การแช่ หรือการใช้คลื่นอัลตราโซนิกได้สารสกัดที่มีลักษณะปรากฏที่คล้ายกัน (ตารางที่ 4.1) การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยตัวทำละลายมีขี้ได้สารสกัดที่ข้นหนืด แต่ถ้าสกัดกระเทียมด้วยทำละลายไม่มีขี้ได้สารละลายเหลวใส แต่การใช้การแช่ หรือคลื่นอัลตราโซนิกไม่ส่งผลต่อลักษณะปรากฏของสารสกัดกระเทียม ส่วนการใช้ตัวอย่างกระเทียมแห้งให้ลักษณะปรากฏที่มีสีเข้มกว่าการสกัดกระเทียมสด ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการทำให้กระเทียมแห้ง อาจทำให้เกิดปฏิกิริยา Maillard reaction และอาจเกิดปฏิกิริยา browning ได้ (de Queirozและคณะ, 2014)

4.1.2 ร้อยละผลผลิตของสารสกัดกระเทียม

จากการสกัดกระเทียมตัวอย่างสดและแห้งด้วยน้ำ เอทานอล และปีโตรเลียมอีเทอร์ โดยใช้เทคนิคช่วยในการสกัดคือการแช่และคลื่นอัลตราโซนิกพบว่า ตัวอย่างสดและแห้ง ชนิดของตัวทำละลาย และเทคนิคช่วยในการสกัดมีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิตของสารสกัดกระเทียม ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.2) โดยสารสกัดกระเทียมด้วยน้ำให้ปริมาณร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับร้อยละ 40.12 รองลงมาสกัดกระเทียมสกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับร้อยละ 28.64 และส่วนสกัดกระเทียมสกัดด้วยปีโตรเลียมอีเทอร์ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 0.39 ซึ่งมีความแตกต่างกับรายงานวิจัยของ Ekwenye และ Elegalam (2005) ที่สกัดกระเทียมด้วยน้ำและเอทานอลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ร้อยละผลผลิตเท่ากับร้อยละ 56 และ 60 ตามลำดับ และงานวิจัยของ Shakyal และคณะ (2010) สกัดกระเทียมโดยใช้ตัวทำละลายปีโตรเลียมอีเทอร์นาน 48 ชั่วโมง ให้ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 8.46 เนื่องจากสารประกอบในกระเทียมส่วนใหญ่เป็นสารที่มีขี้จำพวกสารประกอบซัลเฟอร์ ซึ่งน้ำ

เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วมากกว่าเอทานอลและปิโตรเลียมอีเทอร์ น้ำจึงละลายสารประกอบขั้วเฟออร์ได้ดีกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น โดยตัวถูกละลายที่มีขั้วสามารถละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วได้ เพราะแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีขั้วเป็นแรงไดโพลกับไดโพล (dipole-dipole) (หลักการ like dissolve like) ส่วนปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว จึงละลายสารประกอบขั้วเฟออร์ออกมาได้น้อย (รานี สุวรรณพฤษ, 2549; Makris และ Rossiter, 2001; Lanzotti, 2006) นอกจากนี้วิธีที่ใช้ในการสกัดและเวลาที่ใช้อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพและร้อยละผลผลิตของสารสกัดที่ได้ (สนใจจรชัพพันธุ์งาม, 2549) ถึงแม้จะเทียบแห้งให้ค่าร้อยละผลผลิตมากกว่ากระเทียมสดและการสกัดโดยการแช่ให้ค่าร้อยละผลผลิตมากกว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิก แต่ปริมาณที่ได้มีความแตกต่างกันน้อย อาจเนื่องมาจากการระหว่างการระเหยตัวทำละลายออก ใช้ระยะเวลาในการระเหยเท่ากัน ทำให้สารสกัดที่ได้มีปริมาณร้อยละผลผลิตไม่แตกต่างกัน

ในการศึกษานี้พบว่าไม่มีอิทธิร่วมของตัวอย่างสดและแห้ง ตัวทำละลายและตัวช่วยในการสกัด ($p \leq 0.05$) โดยสารสกัดกระเทียมแห้งด้วยการแช่น้ำนาน 3 ชั่วโมง ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 41.46 รองลงมาคือสารสกัดกระเทียมแห้งด้วยน้ำโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกเท่ากับร้อยละ 40.84

4.1.3 ค่าดัชนีหักเหคลื่นแสง

ค่าดัชนีหักเหคลื่นแสงเป็นการวัดค่าเพื่อบอกความบริสุทธิ์หรือการปนเปื้อนของสารสกัด ถ้าค่าดัชนีหักเหคลื่นแสงต่ำแสดงว่ามีการปนเปื้อนน้อยหรือมีความบริสุทธิ์สูง (สารสกัดนั้นมีลักษณะใสและสว่าง) ในกรณีที่ค่าดัชนีหักเหคลื่นแสงสูงแสดงว่ามีการปนเปื้อนมากหรือมีความบริสุทธิ์ต่ำ (สารสกัดนั้นมีลักษณะขุ่นหรือมีสีเข้ม) (อินทรา หาญพงษ์พันธุ์ และ บัญชา พูลโกคา, 2540; Ghosh และคณะ, 2006) ในการทดลองนี้ สารสกัดกระเทียมสกัดด้วยเอทานอลให้ค่าดัชนีหักเหคลื่นแสงสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 1.451-1.455 รองลงมาคือสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1.456-1.463 และสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ค่าดัชนีหักเหคลื่นแสงต่ำสุดมีค่าอยู่ในช่วง 1.400-1.405 (ตารางที่ 4.3) ซึ่งสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยน้ำและเอทานอลค่าดัชนีหักเหคลื่นแสงสูงใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับลักษณะปรากฏของสารสกัดกระเทียมด้วยน้ำและเอทานอลได้สารสกัดที่มีลักษณะขุ่นหนืด (ไม่ใส) เนื่องจากน้ำและเอทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วเหมือนกันสามารถดึงสารส่วนที่มีขั้วเหมือนกันออกมา เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน เกลือแร่ และสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ค่าต่ำที่สุด (แสดงว่าได้สารบริสุทธิ์มากกว่า) อย่างไรก็ตามสารสกัดกระเทียมแห้งให้ค่าดัชนีหักเหคลื่นแสงสูงกว่าสารสกัดกระเทียมสดและสกัดด้วยการแช่ให้ค่าดัชนีหักเหคลื่นแสงสูงกว่าการใช้คลื่น-อัลตราโซนิก ซึ่งตัวอย่างสดและแห้ง ชนิดตัวทำละลาย และเทคนิคช่วยในการสกัดมีผลต่อค่าดัชนีการหักเหคลื่นแสงเช่นเดียวกับปริมาณร้อยละผลผลิต ทั้งนี้ความบริสุทธิ์อาจขึ้นอยู่กับจำนวนและโครงสร้างของสารที่เป็นองค์ประกอบภายในน้ำมันหอมระเหยนั้นๆ (นิธิยา รัตนานนท์, 2548)

4.1.4 ค่าสีของสารสกัดกระเทียม

ชนิดตัวทำละลายมีผลต่อค่าสีของสารสกัดกระเทียม ซึ่งสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยน้ำและเอทานอล ให้ค่า L^* , a^* , b^* และ hue ใกล้เคียงกันโดยให้สีแดงปนเหลืองเข้ม ส่วนสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้สีแดงปนเหลืองอ่อน ซึ่งสารสกัดกระเทียมแห้งให้ค่าสีสูงกว่าสารสกัดสดและสกัดด้วยการแช่ให้ค่าสีสูงกว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิก แต่ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกัน(ตารางที่ 4.3)ซึ่งค่าสีของสารสกัดกระเทียมสอดคล้องกับลักษณะปรากฏของสารสกัด โดยสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำและเอทานอลโดยการแช่และใช้คลื่นอัลตราโซนิกให้สีและลักษณะปรากฏใกล้เคียงกันคือมีสีแดงปนเหลืองเข้ม ลักษณะขุ่นหนืดและขุ่น ส่วนสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์โดยการแช่และใช้คลื่นอัลตราโซนิกให้สีและลักษณะปรากฏคือมีแดงปนเหลืองอ่อน ลักษณะเหลวใส (ตารางที่ 4.1) โดยการสกัดกระเทียมด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอลให้สารสกัดสีแดงปนเหลืองเข้มกว่าการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์เนื่องมาจากสีในสารสกัดอาจเป็นสีของสารประกอบซัลเฟอร์ซึ่งมีสีเหลืองแดง (Lanzotti, 2006)

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

Sample	Solvent	Extraction	Appearance
Fresh	Water	Maceration	มีสีน้ำตาลแดงปนเหลืองเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดเล็กน้อย
		Ultrasonic	มีสีน้ำตาลแดงปนเหลืองอ่อน มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดเล็กน้อย
	Ethanol	Maceration	มีสีน้ำตาลแดงเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดปานกลาง
		Ultrasonic	มีสีน้ำตาลแดงเข้มเล็กน้อย มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดเล็กน้อย
	Petroleum ether	Maceration	มีสีน้ำตาลแดงปนเหลืองอ่อน มีลักษณะเหลวและใส
		Ultrasonic	มีสีน้ำตาลแดงปนเหลืองอ่อน มีลักษณะเหลวและใส
Dried	Water	Maceration	มีสีน้ำตาลแดงปนเหลืองเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดปานกลาง
		Ultrasonic	มีสีน้ำตาลแดงปนเหลืองเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืด
	Ethanol	Maceration	มีสีน้ำตาลแดงเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดมาก
		Ultrasonic	มีสีน้ำตาลแดงเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดปานกลาง
	Petroleum ether	Maceration	มีสีน้ำตาลแดงปนเหลืองเข้ม มีลักษณะเหลวและใส
		Ultrasonic	มีสีน้ำตาลแดงปนเหลืองเข้ม มีลักษณะเหลวและใส

ตารางที่ 4.2 ร้อยละผลผลิตของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

Sample	Solvent	Extraction	%Yield
Fresh			21.62 ^b
Dried			24.48 ^a
F-test			*
LSD			0.18
	Water		40.12 ^a
	Ethanol		28.64 ^b
	Petroleum ether		0.39 ^c
	F-test		**
	LSD		0.23
		Maceration	23.63 ^a
		Ultrasonic	22.47 ^b
		F-test	**
		LSD	0.18
Fresh	Water	Maceration	39.75±0.57 ^c
		Ultrasonic	38.42±0.09 ^d
	Ethanol	Maceration	26.13±0.35 ^g
		Ultrasonic	23.82±0.56 ^h
	Petroleum ether	Maceration	0.38±0.21 ⁱ
		Ultrasonic	0.37±0.01 ⁱ
Dried	Water	Maceration	41.46±0.09 ^a
		Ultrasonic	40.84±0.07 ^b
	Ethanol	Maceration	33.68±0.14 ^c
		Ultrasonic	30.94±0.21 ^f
	Petroleum ether	Maceration	0.40±0.03 ⁱ
		Ultrasonic	0.40±0.37 ⁱ
	F-test		**
	LSD		0.45
	C.V. (%)		1.16

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p \leq 0.05$)

^{a, b, c, ...} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.3 ค่าการหักเหของแสงและค่าสีของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

Sample	Solvent	Extraction	Refractive index	Color			
				L*	a*	b*	H°
Fresh			1.437	54.74±5.48	1.88±0.85	28.47±2.27	78.35±2.88
Dried			1.440	52.71±7.08	2.08±1.01	30.03±1.97	80.95±3.68
	Water		1.453	48.01±1.50	3.02±0.21	31.48±0.83	79.22±1.45
	Ethanol		1.460	51.71±2.59	1.98±0.14	29.41±1.23	76.29±1.07
	Petroleum ether		1.403	61.46±0.42	0.94±0.02	26.86±1.05	83.44±2.35
		Maceration	1.439	53.33±6.57	1.96±0.93	28.93±2.30	79.20±3.47
		Ultrasonic	1.438	54.12±6.26	2.01±0.95	29.57±2.23	80.10±3.67
Fresh	Water	Maceration	1.452	48.38±0.25	2.83±0.07	30.26±0.11	77.72±0.15
		Ultrasonic	1.451	49.75±0.12	2.86±0.11	31.69±0.04	78.24±0.12
	Ethanol	Maceration	1.458	53.69±0.16	1.82±0.06	28.32±0.09	75.15±0.15
		Ultrasonic	1.456	54.20±0.27	1.91±0.09	28.39±0.09	75.76±0.11
	Petroleum ether	Maceration	1.402	60.99±0.34	0.91±0.030	25.48±0.04	80.41±0.07
		Ultrasonic	1.400	61.42±0.22	0.94±0.05	26.65±0.11	82.82±0.05
Dried	Water	Maceration	1.455	46.13±0.23	3.16±0.07	31.85±0.09	80.44±0.09
		Ultrasonic	1.454	47.78±0.17	3.24±0.07	32.10±0.07	80.49±0.12
	Ethanol	Maceration	1.463	49.39±0.13	2.07±0.05	30.21±0.10	76.61±0.17
		Ultrasonic	1.461	49.54±0.13	2.13±0.04	30.70±0.08	77.62±0.10
	Petroleum ether	Maceration	1.405	61.40±0.34	0.94±0.04	27.43±0.09	84.85±0.10
		Ultrasonic	1.404	62.01±0.41	0.95±0.04	27.87±0.07	85.69±0.07

4.1.5 องค์ประกอบสารหอมระเหยของสารสกัดกระเทียม

เมื่อนำสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล ปิโตรเลียมอีเทอร์ มาวิเคราะห์ชนิดของสารหอมระเหยด้วยเครื่อง Gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) พบว่าตัวอย่างสดและแห้ง ตัวทำละลายต่างชนิดกันส่งผลต่อชนิดและปริมาณสารหอมระเหยโดยพบสารกลุ่ม organosulfur ที่เป็นองค์ประกอบหลักในวัตถุดิบที่มีกลิ่นฉุน เช่น กระเทียม หอมหัวใหญ่ กุ้ยช่าย ต้นหอม เป็นต้น โดยสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยเอทานอลมีชนิดและปริมาณขององค์ประกอบของสารหอมระเหยสูงกว่าตัวทำละลายชนิดอื่นอาจเนื่องมาจากสารประเภท organosulfur บางชนิดเป็นสารที่มีส่วนที่เป็น hydrophilic และบางชนิดเป็นสารที่มีส่วนที่เป็น hydrophobic ตัวทำละลายเอทานอลจึง

สามารถดึงสารสำคัญออกมาได้มาก (Farías-Campomanes และคณะ, 2014) ซึ่งสารสกัดกระเทียมพบสาร 2-methyl-4-pentenal, diallyl sulfide, allyl methyl disulfide, methyl propenyl disulfide, dimethyl trisulfide, diallyl disulfide, allyl methyl trisulfide, 3-ethenyl-1,2-dithi-4-ene, 3-ethenyl-1,2-dithi-5-ene, diallyl trisulfide (ตารางที่ 4.4) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Athanasios และคณะ (2006) และ Yang และคณะ (2010) รายงานว่าน้ำมันหอมระเหยกระเทียมพบสาร methyl allyl disulfide และ diallyl trisulfide เป็นองค์ประกอบหลักในปี 2007 Marta และคณะ พบสาร dimethyl trisulfide, 3-vinyl-1,2-dithiacyclohex-4-ene, 3-vinyl-1,2-dithiacyclohex-5-ene, di-2-propenyl-trisulfide และ Omar และ Al-Wabel (2010) และ Johnson และคณะ (2013) พบสาร 3-vinyl-1,2-dithiacyclohex-4-ene, 3-vinyl-1,2-dithiacyclohex-5-ene

ตารางที่ 4.4 องค์ประกอบสารหอมระเหยของสารสกัดกระเทียมสดและแห้ง

Volatile compound	RI	Relative peak area (%)						Odor description*
		Water		Ethanol		Petroleum ether		
		Fresh	Dried	Fresh	Dried	Fresh	Dried	
2-Methyl-4-pentenal	729	1.14	6.58	1.76	4.43	-	-	-
Diallyl sulfide	782	3.50	4.15	2.05	1.80	-	-	Alliaceous garlic green onion
Allyl methyl disulfide	813	4.81	7.20	0.03	5.96	-	13.54	Sulfurous garlic onion
Methyl propenyl disulfide	821	1.37	0.55	1.37	1.46	-	-	Sulfurous garlic onion
Dimethyl trisulfide	845	0.97	1.29	4.42	1.40	1.01	0.40	Sulfurous garlic onion
Diallyl disulfide	899	17.96	33.71	13.56	16.77	23.83	34.87	Alliaceous garlic green onion
Allyl methyl trisulfide	933	31.51	5.85	21.25	14.15	1.38	-	Sulfurous garlic onion
3-Ethenyl-1,2-dithi-4-ene	962	5.76	4.35	14.41	14.65	28.14	19.86	-
3-Ethenyl-1,2-dithi-5-ene	974	11.33	7.23	23.77	23.02	45.11	31.36	-
Diallyl trisulfide	1014	21.68	29.07	17.37	16.35	0.52	-	Garlic green onion

* ที่มา: http://www.flavornet.org/f_kovats.html

RI = retention time index เมื่อเทียบกับสารอัลเคนมาตรฐาน (C₈-C₂₀)

4.1.6 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดกระเทียมวิเคราะห์จากความสามารถในการดูดกลืนแสงที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-Ciocalteu เทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (Morrison และ Boyd, 1975) พบว่าตัวอย่างสดและแห้ง ตัวทำละลาย และเทคนิคช่วยในการสกัดมีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.5) โดยสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 1.35 gGAE/ 100gDW รองลงมาสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยน้ำมีปริมาณเท่ากับ 0.74 gGAE/ 100gDW และสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์มีปริมาณต่ำสุดเท่ากับ 0.35 gGAE/ 100gDW ผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกับรายงานวิจัยของ Fidrianny และคณะ (2013) ที่สกัดสารสกัดกระเทียมด้วยเอทานอลและเฮกเซน โดยการสกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณสารฟีนอลิกสูงกว่าการสกัดด้วยเฮกเซน และงานวิจัยของ Chang และคณะ (2013) สกัดกระเทียมด้วยตัวทำละลายเอทานอลให้ปริมาณสารฟีนอลิกสูง โดยปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความเข้มข้นของตัวทำละลาย เนื่องจากโครงสร้างของสารฟีนอลิกเป็น benzene ring มีหมู่ hydroxyl อย่างน้อย 1 หมู่ จึงมีคุณสมบัติความเป็นขั้ว ทำให้สามารถละลายได้ดีในเอทานอลและน้ำที่มีสมบัติความเป็นขั้วเหมือนกัน ส่วนปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำมากจึงสามารถละลายสารฟีนอลิกออกมาได้น้อย (Crozier และคณะ, 2006) นอกจากนี้สารสกัดกระเทียมแห้งให้ปริมาณสารฟีนอลิกสูงกว่าสารสกัดสด และการสกัดโดยการแช่ให้ปริมาณสารฟีนอลิกสูงกว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิก แต่ปริมาณสารฟีนอลิกที่ได้มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยสารสกัดกระเทียมแห้งด้วยเอทานอลโดยการแช่ให้ค่าสูงสุดเท่ากับ 1.42 gGAE/ 100gDW รองลงมาคือสารสกัดกระเทียมแห้งด้วยเอทานอลโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกให้ค่าเท่ากับ 1.39 gGAE/ 100gDW

4.1.7 ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging

การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging มีหลักการคืออนุมูล DPPH[•]ที่เป็นสารละลายสีม่วงเข้ม เมื่อได้รับอิเล็กตรอนหรือ H[•] จากตัวอย่างสารสกัด กลายเป็นสารประกอบ DPPH[•]ที่เสถียรขึ้นและไม่มีสีม่วงหรือสีม่วงจางลง ทำให้สามารถตรวจวัดความสามารถของสารสกัดได้จากค่าดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH[•] ที่ลดลง (Brand-Williams และคณะ, 1995) จากการทดลองพบว่าตัวอย่างสดและแห้ง ตัวทำละลาย และเทคนิคช่วยในการสกัดมีอิทธิพลร่วมกันต่อประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ DPPH[•] ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.5) โดยสารสกัดกระเทียมสกัดโดยการแช่ในเอทานอลให้ค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 58.85 รองลงมาสารสกัดกระเทียมสกัดและใช้อัลตราโซนิกให้ค่า % DPPH scavenging เท่ากับร้อยละ 56.82 และสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ทั้งการแช่และอัลตราโซนิกให้ค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 3.30 และ 2.65 ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด และผลการทดลองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับรายงานวิจัยของ Benkeblia และ Virginia (2007) รายงานว่าสารสกัดกระเทียมที่สกัดด้วยตัวทำละลายที่มีขั้วมาก เช่น เอทานอล เม

ทานอล และน้ำสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วหรือมีขั้วน้อยและรายงานวิจัยของ Lee และคณะ (2003) ระบุว่าสารสกัดกระเทียมด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ดีเนื่องจากมีหมู่ OH (hydroxyl) ในโครงสร้างเป็นbenzene ringที่มีหมู่ hydroxyl โดยสามารถให้ hydrogen เข้าจับกับอนุมูลอิสระได้ทำให้อนุมูลเกิดความเสถียรและสามารถต้านการเกิดอนุมูลอิสระ DPPH[•]ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและจำนวนของหมู่ hydroxyl (โอภา วัชรกุลป์, 2549; Caiและคณะ, 2004) ในการทดลองนี้ยังพบว่า สารสกัดกระเทียมแห้งให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH[•] มากกว่าสารสกัดกระเทียมสด และการสกัดโดยการแช่ให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH[•] สูงกว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิก แต่ประสิทธิภาพมีความแตกต่างกันน้อย(ตารางที่ 4.5)

4.1.8 ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS decolorization scavenging effect

ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} มีหลักการคล้ายกับวิธี DPPH[•] โดยดูปฏิกิริยาการต้านอนุมูลอิสระได้จากการเปลี่ยนแปลงของสี ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย ABTS กับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต เมื่อ ABTS ถูกออกซิไดซ์จะเกิดเป็น ABTS free radical (ABTS^{•+}) ซึ่งสารละลายมีสีเหลืองเข้ม เมื่อได้รับอิเล็กตรอนจากตัวอย่างสารสกัด ทำให้อนุมูลอิสระ ABTS^{•+} เสถียรขึ้น ซึ่งสารละลายที่ได้ไม่มีสีเหลืองหรือเป็นสีเหลืองจางลงสามารถตรวจวัดความสามารถของสารสกัดได้จากค่าดูดกลืนแสงที่ลดลง (เฉลิมพงษ์ แสนจิม และ ไชยวัฒน์ ไชยสุต, 2547) จากการทดลองพบว่าตัวอย่างสดและแห้ง ตัวทำละลาย และเทคนิคช่วยในการสกัดมีอิทธิพลร่วมกันต่อประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ($p < 0.05$) (ตารางที่ 4.5) โดยสารสกัดกระเทียมแห้งด้วยเอทานอลโดยการแช่ให้ค่า %ABTS scavenging สูงสุดเท่ากับร้อยละ 54.17 รองลงมาคือสารสกัดกระเทียมแห้งด้วยเอทานอลโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกให้ค่าเท่ากับร้อยละ 50.65 อย่างไรก็ตามสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยเอทานอลให้ค่า %ABTS scavenging สูงสุดเท่ากับร้อยละ 47.82 รองลงมาสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยน้ำให้ค่าเท่ากับร้อยละ 23.56 และสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ค่า %ABTS scavenging ต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 0.94 นอกจากนี้สารสกัดกระเทียมแห้งให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} มากกว่ากระเทียมสด และการสกัดด้วยการแช่ให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} มากกว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิก แต่ปริมาณที่ได้มีความแตกต่างกันน้อย ซึ่งค่า %ABTS scavenging ที่ได้สอดคล้องกับปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดโดยสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสารฟีนอลิกสูงสุด รองลงมาคือน้ำและปิโตรเลียมอีเทอร์ อย่างไรก็ตามผลการทดสอบมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับรายงานวิจัยของ Nuutila และคณะ (2003) ที่สกัดกระเทียมด้วยเมทานอลสามารถยับยั้งการต้านอนุมูลอิสระได้ดีเนื่องจากมีหมู่ OH เข้าจับกับอนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลเกิดความเสถียรสามารถต้านการเกิดอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ได้ (Morel และคณะ, 1998) และยังขึ้นอยู่กับตำแหน่งและจำนวนของหมู่ OH และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับวิธี DPPH free radical scavenging

4.1.9 ประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมในการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี Disc diffusion

ก. เชื้อ *Escherichia coli*

ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *E.coli* ของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 5005,000 และ 50,000 พีพีเอ็มพบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารสกัดสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการยับยั้ง เชื้อ *E. coli* ก็สูงขึ้น (อาจไม่ได้สูงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น 10 เท่า) การสกัดกระเทียมสดและแห้งด้วยเอทานอลได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* สูงกว่าสารสกัดกระเทียมสดและแห้งด้วยน้ำ สำหรับการสกัดกระเทียมสดและแห้งด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์พบว่าสารสกัดที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *E. coli* เมื่อใช้ความเข้มข้น 500 และ 5,000 พีพีเอ็ม (แต่เมื่อใช้สารสกัดกระเทียมสดหรือแห้งโดยแช่ในปิโตรเลียมอีเทอร์ ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มสามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ โดยมี clear zone เท่ากับ 7.50 และ 8.75 มิลลิเมตร ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม การทดลองปรากฏว่าสารสกัดกระเทียมแห้งด้วยเอทานอลทั้งโดยการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก ได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* สูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่น โดยมี clear zone เท่ากับ 25.83 และ 24.88 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสารสกัดกระเทียมสดสกัดด้วยเอทานอลทั้งการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก พบว่า มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ต่ำกว่า โดยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* มี clear zone เท่ากับ 19.67 16.92 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) ในการทดลองนี้พบว่า positive control คือ streptomycin มีประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *E. coli* สูงที่สุด มี clear zone เท่ากับ 30.70 มิลลิเมตร

ข. เชื้อ *Staphylococcus aureus*

สารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500,5,000 และ 50,000 พีพีเอ็มมีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *S. aureus* เช่นเดียวกับประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* โดยพบว่าสารสกัดกระเทียมแห้งสกัดโดยการแช่ด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* สูงที่สุดรองลงมาเป็นสารสกัดเอทานอลกระเทียมแห้งด้วยคลื่นอัลตราโซนิก สารสกัดกระเทียมสดด้วยเอทานอลด้วยการแช่และคลื่นอัลตราโซนิก โดยมี clear zone เท่ากับ 26.88, 25.92, 25.42 และ 22.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนสารสกัดกระเทียมแห้งหรือสดสกัดด้วยปิโตรเลียมโดยการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500 และ 5,000 พีพีเอ็มไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ และเมื่อใช้ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* โดยมี clear zone เท่ากับ 9.42-12.17 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.7) ซึ่งการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการสกัดโดยการเอทานอลได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่า การสกัดโดยใช้น้ำ ส่วนสารสกัดปิโตรเลียมอีเทอร์ ให้สารสกัดที่

สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ต่ำที่สุด และเทคนิคการสกัดโดยการแช่ ทำให้ได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้ดีกว่าการสกัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกซึ่งสารสกัดกระเทียมทั้งสดและแห้งด้วยตัวทำละลาย 3 ชนิด โดยการแช่หรือการใช้คลื่นอัลตราโซนิกเมื่อใช้ความเข้มข้นต่ำกว่า 5,000 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพต่ำกว่าการใช้ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็ม

ค. เชื้อ *Salmonella* sp.

ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Samonellasp.* ของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็มพบว่าสารสกัดกระเทียมแห้งสกัดด้วยเอทานอลโดยการแช่ที่ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็ม ให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *Salmonellasp.* สูงที่สุดส่วนสารสกัดกระเทียมสดสกัดด้วยปิโตรเลียมโดยการใช้น้ำอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500 พีพีเอ็ม ให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *Salmonellasp.* ต่ำที่สุด ซึ่งค่าการยับยั้งเชื้อ *Salmonellasp.* มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับค่าการยับยั้งเชื้อ *E. coli*, *S. aureus* โดยสารสกัดกระเทียมแห้งสกัดด้วยเอทานอลโดยใช้การแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็ม มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Salmonellasp.* เท่ากับ 24.58 และ 22.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

การที่สารสกัดกระเทียมแห้งด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli*, *S. aureus* และ *Salmonellasp.* ได้ดีกว่าสารสกัดกระเทียมสด อาจเนื่องมาจากสามารถสกัดสาร allyl methyl disulfide ได้สูงกว่า และมีรายงานว่าสาร allyl methyl disulfide สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่าแกรมลบเนื่องจากแบคทีเรียแกรมบวกมี peptidoglycan ที่ผนังเซลล์ ซึ่งหนากว่าแบคทีเรียแกรมลบ โดย peptidoglycan จะป้องกันสาร allicin หรือสารกลุ่ม allyl จากสารสกัดกระเทียม เข้าเซลล์ได้ยากขึ้น (Bakri และ Douglas, 2005) ดังนั้นสารสกัดกระเทียมจึงยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบได้ดีกว่าแกรมบวกเช่นเดียวกับรายงานของ Shobana และคณะ (2009) ที่ระบุว่าสารสกัดจากกระเทียมด้วยตัวทำละลายเอทานอลสามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli*, *Salmonella typhi* และ *Enterobacter aerogenes* เมื่อใช้ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัม และ Melvin และคณะ (2009) สกัดกระเทียมตัวอย่างแห้งด้วยตัวทำละลายเอทานอล พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *Klebsiella pneumoniae*, *S. aureus* และ *E. coli* เมื่อใช้ที่ความเข้มข้น 2,000 พีพีเอ็มซึ่งมีค่าบริเวณการยับยั้งเชื้อและปริมาณความเข้มข้นในการยับยั้งเชื้อไม่เท่ากัน เนื่องมาจากระยะเวลาในการสกัดที่ใช้น้อยกว่างานวิจัยอื่นที่ใช้เวลาในการสกัดนานกว่า 1 ชั่วโมง และอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของพันธุ์ของกระเทียม และวิธีการสกัดจึงทำให้ค่าที่ได้ต่างกัน

ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH[•] และ ABTS^{•+} ของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่ และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

Sample	Solvent	Extraction	Total phenolic (g GAE/100gDW)	%DPPH scavenging	%ABTS ^{•+} scavenging
Fresh			0.78 ^b	24.54 ^b	21.44 ^b
Dried			0.84 ^a	29.22 ^a	26.77 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.01	0.17	0.17
	Water		0.74 ^b	24.00 ^b	23.56 ^b
	Ethanol		1.35 ^a	53.99 ^a	47.82 ^a
	Petroleum ether		0.35 ^c	2.65 ^c	0.94 ^c
F-test			*	*	*
LSD			0.01	0.21	0.21
		Maceration	0.82 ^a	27.42 ^a	24.79 ^a
		Ultrasonic	0.80 ^b	26.34 ^b	23.43 ^b
F-test			*	*	*
LSD			0.01	0.17	0.17
Fresh	Water	Maceration	0.71±0.02 ^g	22.01±0.17 ^g	21.30±0.21 ^g
		Ultrasonic	0.70±0.01 ^g	20.53±0.23 ^h	19.72±0.37 ^h
	Ethanol	Maceration	1.30±0.01 ^c	50.87±0.23 ^c	43.70±0.35 ^c
		Ultrasonic	1.28±0.02 ^d	49.43±0.24 ^d	42.78±0.36 ^d
	Petroleum ether	Maceration	0.35±0.01 ^{hi}	2.41±0.35 ^j	0.65±0.08 ^j
		Ultrasonic	0.34±0.02 ⁱ	1.98±0.11 ^k	0.51±0.08 ^j
Dried	Water	Maceration	0.77±0.01 ^e	27.10±0.17 ^e	27.45±0.29 ^e
		Ultrasonic	0.75±0.01 ^f	26.37±0.23 ^f	25.79±0.21 ^f
	Ethanol	Maceration	1.42±0.01 ^a	58.85±0.29 ^a	54.17±0.28 ^a
		Ultrasonic	1.39±0.01 ^b	56.82±0.31 ^b	50.65±0.21 ^b
	Petroleum ether	Maceration	0.37±0.01 ^h	3.30±0.13 ⁱ	1.48±0.08 ⁱ
		Ultrasonic	0.36±0.01 ^h	2.92±0.35 ⁱ	1.11±0.14 ⁱ
F-test			*	*	*
LSD			0.02	0.42	0.41
C.V. (%)			1.30	0.93	1.02

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p≤0.05)

^{a, b, c, ...} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p≤0.05) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.6ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ของสารสกัดกระเทียมสดและแห้ง สกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็ม ด้วยเทคนิค disc diffusion

Sample	Solvent	Extraction	Zone of inhibition (mm) at different concentration(ppm)		
			500	5,000	50,000
Fresh			5.75 ^b	8.99 ^b	12.61 ^b
Dried			7.58 ^a	10.84 ^a	17.02 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.36	0.32	0.36
	Water		9.81 ^b	13.84 ^b	16.68 ^b
	Ethanol		10.19 ^a	15.91 ^a	21.82 ^a
	Petroleum ether		0.00 ^b	0.00 ^c	5.94 ^c
F-test			*	*	*
LSD			0.44	0.39	0.45
		Maceration	7.10 ^a	10.34 ^a	15.89 ^a
		Ultrasonic	6.24 ^b	9.49 ^b	13.74 ^b
F-test			*	*	*
LSD			0.36	0.32	0.36
Fresh	Water	Maceration	8.58±0.80 ^d	13.54±0.51 ^d	16.58±0.39 ^e
		Ultrasonic	7.42±0.52 ^e	12.75±0.75 ^e	15.00±0.25 ^f
	Ethanol	Maceration	9.58±0.52 ^c	14.92±0.63 ^c	19.67±0.63 ^c
		Ultrasonic	8.92±0.88 ^{cd}	12.80±0.25 ^e	16.92±0.63 ^c
	Petroleum ether	Maceration	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	7.50±0.50 ^h
		Ultrasonic	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ⁱ
Dried	Water	Maceration	11.50±0.50 ^b	15.54±0.51 ^c	18.58±0.63 ^d
		Ultrasonic	9.58±0.52 ^c	13.54±0.51 ^d	16.58±0.39 ^e
	Ethanol	Maceration	13.58±0.52 ^a	18.83±0.80 ^a	25.83±0.76 ^a
		Ultrasonic	10.83±0.76 ^b	17.13±0.45 ^b	24.88±0.82 ^b
	Petroleum ether	Maceration	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	8.75±0.25 ^g
		Ultrasonic	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ⁱ
streptomycin				30.70±0.51	
ethanol 95%				0.00 ± 0.00	
DMSO (dimethyl sulfoxide)				0.00±0.00	
water				0.00±0.00	
F-test			*	*	*
LSD			0.89	0.80	0.90
C.V.(%)			7.91	4.73	3.58

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)

^{a, b, c, ...} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.7ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็ม ด้วยเทคนิค disc diffusion

Sample	Solvent	Extraction	Zone of inhibition (mm) at different concentration (ppm)		
			500	5,000	50,000
Fresh			6.49 ^b	10.13 ^b	20.19 ^b
Dried			6.95 ^a	11.74 ^a	18.13 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.25	0.24	0.26
	Water		9.38 ^b	14.54 ^b	21.43 ^b
	Ethanol		10.78 ^a	18.26 ^a	25.20 ^a
	Petroleum ether		0.00 ^c	0.00 ^c	10.85 ^c
F-test			*	*	*
LSD			0.30	0.29	0.32
		Maceration	7.08 ^a	11.40 ^a	19.85 ^a
		Ultrasonic	6.36 ^b	10.47 ^b	18.47 ^b
		F-test	*	*	*
		LSD	0.24	0.24	0.26
Fresh	Water	Maceration	9.25±0.43 ^d	14.58±0.52 ^c	21.38±0.33 ^d
		Ultrasonic	8.25±0.43 ^c	12.83±0.29 ^f	19.58±0.52 ^c
	Ethanol	Maceration	11.21±0.36 ^a	17.71±0.26 ^c	25.42±0.38 ^b
		Ultrasonic	9.92±0.14 ^{bc}	15.67±0.58 ^d	22.58±0.52 ^c
	Petroleum ether	Maceration	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^g	10.42±0.52 ^h
		Ultrasonic	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^g	9.42±0.52 ⁱ
Dried	Water	Maceration	10.50±0.50 ^b	15.58±0.52 ^d	22.83±0.29 ^c
		Ultrasonic	9.50±0.50 ^{cd}	15.17±0.29 ^{de}	21.92±0.14 ^d
	Ethanol	Maceration	11.50±0.50 ^a	20.50±0.50 ^a	26.88±0.22 ^a
		Ultrasonic	10.50±0.50 ^b	19.17±0.29 ^b	25.92±0.14 ^b
	Petroleum ether	Maceration	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^g	12.17±0.29 ^f
		Ultrasonic	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^g	11.42±0.38 ^g
streptomycin			30.70±0.51		
ethanol 95%			0.00 ± 0.00		
DMSO (dimethyl sulfoxide)			0.00 ± 0.00		
water			0.00 ± 0.00		
	F-test		*	*	*
	LSD		0.60	0.58	0.64
	C.V.(%)		5.31	3.17	1.99

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)

^{a, b, c, ...} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.8ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Salmonella* sp. ของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็มด้วยเทคนิค disc diffusion

Sample	Solvent	Extraction	Zone of inhibition (mm) at different concentration (ppm)		
			500	5,000	50,000
Fresh			6.27 ^a	8.89 ^b	12.44 ^b
Dried			7.71 ^b	10.70 ^a	17.47 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.37	0.29	0.34
	Water		10.46 ^a	14.44 ^b	17.27 ^b
	Ethanol		10.51 ^a	14.95 ^a	20.77 ^a
	Petroleum ether		0.00 ^b	0.00 ^c	6.83 ^c
F-test			*	*	*
LSD			0.45	0.36	0.42
		Maceration	7.45 ^a	10.06 ^a	15.74 ^a
		Ultrasonic	6.53 ^b	9.53 ^b	14.17 ^b
F-test			*	*	*
LSD			0.37	0.29	0.34
Fresh	Water	Maceration	9.50±0.50 ^d	14.54±0.51 ^c	16.67±0.38 ^f
		Ultrasonic	8.17±0.52 ^e	11.67±0.63 ^e	13.42±0.52 ^g
	Ethanol	Maceration	10.17±0.76 ^{cd}	14.60±0.51 ^c	18.21±0.36 ^{de}
		Ultrasonic	9.79±0.89 ^{cd}	12.58±0.63 ^d	17.71±0.75 ^c
	Petroleum ether	Maceration	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	8.67±0.58 ⁱ
		Ultrasonic	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^j
Dried	Water	Maceration	11.83±0.76 ^b	16.54±0.51 ^b	20.08±0.38 ^c
		Ultrasonic	10.33±0.29 ^{cd}	15.00±0.25 ^c	18.92±0.63 ^d
	Ethanol	Maceration	13.59±0.80 ^a	17.58±0.63 ^a	24.58±0.52 ^a
		Ultrasonic	10.50±0.50 ^c	15.08±0.38 ^c	22.58±0.52 ^b
	Petroleum ether	Maceration	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	9.50±0.50 ^h
		Ultrasonic	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^f	0.00±0.00 ^j
streptomycin			30.70±0.51		
ethanol 95%			0.00±0.00		
DMSO (dimethyl sulfoxide)			0.00 ± 0.00		
water			0.00 ± 0.00		
F-test			*	*	*
LSD			0.90	0.72	0.83
C.V.(%)			7.67	4.33	3.30

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)

^{a, b, c, ...} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4.1.10 ประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมในการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion

เนื่องจากการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยเทคนิค disc diffusion ของสารสกัดกระเทียมมีประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ต่ำ จึงจำเป็นต้องยืนยันประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดโดยใช้เทคนิค agar well diffusion ที่ใช้สารสกัดทดสอบโดยตรง (ไม่ต้องทดสอบบนกระดาษกรอง) พบว่ามีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อทั้ง 3 ชนิดได้ดี จึงเลือกใช้สารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ หรือเอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก (เนื่องจากตัวทำละลายน้ำและเอทานอลให้ผลร้อยละผลผลิต ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณสารสำคัญที่ระเหยได้ ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านเชื้อแบคทีเรียดีกว่าตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์จึงเลือกตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพที่ดีมาศึกษา)

ก. เชื้อ *Escherichia coli*

ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *E.coli* ของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำและเอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็มด้วยเทคนิค agar well diffusion พบว่าเมื่อใช้สารสกัดความเข้มข้นสูงประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E.coli* สูงขึ้น ซึ่งสารสกัดกระเทียมแห้งสกัดด้วยเอทานอลโดยการแช่ที่ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *E.coli* สูงที่สุด (31.08 มิลลิเมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดกระเทียมสดสกัดด้วยน้ำโดยการแช่คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *E.coli* ต่ำมีค่า inhibition zone เท่ากับ 19.79 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามสารสกัดกระเทียมสดสกัดด้วยเอทานอลก็ให้ค่า การยับยั้งเชื้อ *E.coli* สูงกว่าสกัดด้วยน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าการสกัดโดยการแช่ได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E.coli* ดีกว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และสารสกัดที่สกัดจากตัวอย่างแห้งด้วยเอทานอลได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E.coli* ดีกว่าสารสกัดตัวอย่างสด และสกัดด้วยน้ำ (ตารางที่ 4.9) ผลการทดลองมีลักษณะเช่นเดียวกับการทดสอบโดย disc diffusion

ข. เชื้อ *Staphylococcus aureus*

ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *S.aureus* ของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำเอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็มให้ผลเช่นเดียวกับประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียมในการยับยั้งเชื้อ *E. coli* โดยเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารสกัดของกระเทียมสูงขึ้นประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* สูงขึ้น ซึ่งสารสกัดกระเทียมแห้งสกัดด้วยเอทานอลโดยการแช่ที่ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *S.aureus* สูงที่สุด (30.55 มิลลิเมตร) ในความเข้มข้นเดียวกันส่วนสารสกัดกระเทียมสดสกัดด้วยน้ำโดยการแช่คลื่นอัลตราโซ

นิกที่ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *S.aureus* ต่ำที่สุด (24.33 มิลลิเมตร) (ตารางที่ 4.10)

ค. เชื้อ *Salmonella* sp.

ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Samonellasp.* ของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำและเอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็ม พบว่าสารสกัดกระเทียมแห้งสกัดด้วยเอทานอลโดยการแช่ที่ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็ม ให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *Salmonellasp.* สูงที่สุดมี inhibition zone เท่ากับ 27.50 มิลลิเมตร ส่วนสารสกัดกระเทียมสดสกัดด้วยน้ำโดยการใช้น้ำอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้นเดียวกัน (50,000 พีพีเอ็ม) ให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *Salmonellasp.* ต่ำที่สุด (20.42 มิลลิเมตร) ซึ่งค่าการยับยั้งเชื้อ *Salmonellasp.* มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับค่าการยับยั้งเชื้อ *E.coli* และ *S.aureus* โดยสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยน้ำและเอทานอลโดยการแช่หรือการใช้คลื่นอัลตราโซนิก ความเข้มข้น 500-50,000 พีพีเอ็ม ให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *Salmonellasp.* เท่ากับ 12.13-27.50 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.11)

การที่สารสกัดกระเทียมแห้งสกัดด้วยเอทานอลโดยการแช่ มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งเชื้อ *E. coli*, *S. aureus* และ *Salmonellasp.* เมื่อทดสอบโดยวิธี agar well diffusion อาจเนื่องมาจากในสารสกัดกระเทียมแห้งด้วยเอทานอล มีปริมาณสาร ally methyl disulfide และสาร 2-methyl -4-pentenol สูงกว่าการสกัดด้วยวิธีอื่น (ตารางผนวก ก.1) อาจเนื่องมาจากสารสำคัญจากกระเทียมมีความเสถียรในตัวทำละลายเอทานอลมากกว่าตัวทำละลายน้ำหรือตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน และน้ำมัน (Farías-Campomanes และคณะ, 2014)

งานทดลองนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Palakshal และคณะ (2010) ที่สกัดสารจากกระเทียมสดด้วยตัวทำละลายเอทานอลร้อยละ 70 สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* และ *S. aureus* ได้มีค่าการยับยั้งเชื้อเท่ากับ 16, 15 มิลลิเมตรตามลำดับ และโดย Johnson และคณะ (2013) สกัดกระเทียมสดด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *Salmonella* sp., *S. aureus* และ *E. coli* ได้ในปี 2013 Eltaweel สกัดกระเทียมสดด้วยเมทานอล โดยใช้ความเข้มข้น 1,000 พีพีเอ็มสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้มีค่าการยับยั้งเชื้อเท่ากับ 29 มิลลิเมตรและในปี 2014 Hamza สกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยน้ำ สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* ได้มีค่าการยับยั้งเชื้อเท่ากับ 30 และ 20 มิลลิเมตรตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ของสารสกัดกระเทียมสดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็มด้วยเทคนิค agar well diffusion

Sample	Solvent	Extraction	Zone of inhibition (mm) at different concentration (ppm)		
			500	5,000	50,000
Fresh			12.46 ^b	16.56 ^b	21.85 ^b
Dried			15.60 ^a	23.52 ^a	28.75 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.37	0.34	0.31
	Water		13.23 ^b	18.20 ^b	23.91 ^b
	Ethanol		14.83 ^a	21.89 ^a	26.70 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.37	0.34	0.31
		Maceration	14.57 ^a	20.88 ^a	26.18 ^a
		Ultrasonic	13.49 ^b	19.21 ^b	24.43 ^b
F-test			*	*	*
LSD			0.37	0.34	0.31
Fresh	Water	Maceration	12.54±0.56 ^c	15.79±0.19 ^g	21.17±0.31 ^g
		Ultrasonic	10.92±0.71 ^f	14.33±0.62 ^h	19.79±0.29 ^h
	Ethanol	Maceration	13.46±0.31 ^{cd}	19.04±0.44 ^c	24.08±0.44 ^c
		Ultrasonic	12.92±0.44 ^{de}	17.08±0.38 ^f	22.38±0.57 ^f
Dried	Water	Maceration	15.33±0.38 ^b	22.04±0.26 ^c	28.38±0.22 ^c
		Ultrasonic	14.13±0.38 ^c	20.63±0.45 ^d	26.30±0.40 ^d
	Ethanol	Maceration	16.96±0.19 ^a	26.63±0.45 ^a	31.08±0.19 ^a
		Ultrasonic	16.00±0.25 ^b	24.79±0.19 ^b	29.25±0.33 ^b
streptomycin				30.70±0.51	
ethanol 95%				0.00±0.00	
DMSO (dimethyl sulfoxide)				0.00±0.00	
water				0.00±0.00	
F-test			*	*	*
LSD			0.75	0.69	0.63
C.V.(%)			3.09	1.98	1.43

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)

^{a, b, c, ...} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.10 ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ของสารสกัดกระเทียมสด และแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็มด้วยเทคนิค agar well diffusion

Sample	Solvent	Extraction	Zone of inhibition (mm) at different concentration (ppm)		
			500	5,000	50,000
Fresh			16.02 ^b	20.92 ^b	25.38 ^b
Dried			19.37 ^a	25.43 ^a	28.68 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.30	0.33	0.32
	Water		16.77 ^b	22.92 ^b	26.15 ^b
	Ethanol		18.62 ^a	22.43 ^a	27.91 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.30	0.33	0.32
		Maceration	18.13 ^a	23.92 ^a	27.51 ^a
		Ultrasonic	17.26 ^b	22.43 ^b	26.55 ^b
F-test			*	*	*
LSD			0.30	0.33	0.32
Fresh	Water	Maceration	15.50±0.33 ^c	20.79±0.31 ^d	25.08±0.44 ^f
		Ultrasonic	14.08±0.31 ^f	18.96±0.52 ^c	24.33±0.36 ^g
	Ethanol	Maceration	17.54±0.40 ^d	22.88±0.70 ^c	26.46±0.44 ^c
		Ultrasonic	16.96±0.40 ^d	21.04±0.31 ^d	25.63±0.54 ^f
Dried	Water	Maceration	19.21±0.44 ^b	25.01±0.14 ^b	27.96±0.19 ^c
		Ultrasonic	18.30±0.18 ^c	23.33±0.26 ^c	27.22±0.26 ^d
	Ethanol	Maceration	20.26±0.33 ^a	27.00±0.25 ^a	30.55±0.43 ^a
		Ultrasonic	19.71±0.36 ^{ab}	26.38±0.22 ^a	29.01±0.14 ^b
streptomycin				30.70±0.51	
ethanol 95%				0.00±0.00	
DMSO (dimethyl sulfoxide)				0.00±0.00	
water				0.00±0.00	
F-test			*	*	*
LSD			0.61	0.66	0.65
C.V.(%)			1.99	1.64	1.38

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)

^{a, b, c, ...} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.11 ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Salmonella* sp. ของสารสกัดกระเทียมสดและแห้ง สกัดด้วยน้ำ เอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็ม ด้วยเทคนิค agar well diffusion

Sample	Solvent	Extraction	Zone of inhibition (mm) at different concentration (ppm)		
			500	5,000	50,000
Fresh			13.70 ^b	17.28 ^b	22.34 ^b
Dried			17.17 ^a	20.71 ^a	26.25 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.37	0.34	0.31
	Water		14.41 ^b	17.69 ^b	23.06 ^b
	Ethanol		16.46 ^a	20.30 ^a	25.53 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.37	0.34	0.31
		Maceration	15.91 ^a	19.44 ^a	24.75 ^a
		Ultrasonic	14.96 ^b	18.55 ^b	23.84 ^b
F-test			*	*	*
LSD			0.37	0.34	0.31
Fresh	Water	Maceration	13.21±0.26 ^f	15.88±0.25 ^e	20.42±0.26 ^f
		Ultrasonic	12.13±0.25 ^g	15.00±0.70 ^f	20.42±0.47 ^f
	Ethanol	Maceration	15.13±0.57 ^d	19.59±0.39 ^c	24.63±0.25 ^d
		Ultrasonic	14.33±0.51 ^e	18.67±0.56 ^d	23.38±0.25 ^c
Dried	Water	Maceration	16.67±0.38 ^c	20.43±0.25 ^b	25.92±0.19 ^c
		Ultrasonic	15.63±0.13 ^d	19.46±0.31 ^c	25.21±0.31 ^d
	Ethanol	Maceration	18.63±0.13 ^a	21.88±0.13 ^a	27.50±0.38 ^a
		Ultrasonic	17.75±0.25 ^b	21.08±0.38 ^b	26.63±0.22 ^b
streptomycin				30.70±0.51	
ethanol 95%				0.00±0.00	
DMSO (dimethyl sulfoxide)				0.00 ± 0.00	
water				0.00 ± 0.00	
F-test			*	*	*
LSD			0.60	0.71	0.57
C.V.(%)			2.24	2.15	1.35

หมายเหตุ *มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p<0.05)

a, b, c, ... ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p<0.05) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4.1.11 การประยุกต์สารสกัดกระเทียมในการยืดอายุเนื้อหมูปด

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดและปริมาณสารสำคัญต่างๆ (ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณสารหอมระเหย) พบว่าสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยน้ำและเอทานอลโดยการใช้อัลตราโซนิก (เลือกวิธีการใช้อัลตราโซนิกเนื่องจากวิธีการแช่และคลื่นอัลตราโซนิกมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันมาก แต่ระยะเวลาที่ใช้สกัดน้อยกว่าซึ่งการสกัดด้วยการใช้อัลตราโซนิก เป็นการปล่อยคลื่นเสียงความถี่สูง เมื่อได้รับแรงจากคลื่นในช่วงอัดที่มีความแรงมาก ทำให้แรงนั้นเคลื่อนที่ผ่านตัวทำละลายจนทำให้เกิดฟองอากาศขึ้น และแตกออกเป็นอนุภาคที่เล็กลงตามแรงสั่นทำให้สามารถทำลายผนังเซลล์ของพืชได้ ถึงแม้วิธีนี้ใช้ระยะเวลาในการสกัดน้อยกว่าการแช่ แต่สามารถสกัดสารและมีประสิทธิภาพต่างๆที่ดีใกล้เคียงกับการแช่) (สมใจจรชัพพันธุ์งาม, 2549) มีประสิทธิภาพที่ดี จึงเลือกความเข้มข้น 5,000 พีพีเอ็ม (เนื่องจากความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็ม เป็นความเข้มข้นที่สูง ที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านกลิ่นของเนื้อหมู และจากผลการทดลอง ข้อ 4.1.9-4.1.10 พบว่า ถึงแม้ความเข้มข้นของสารสกัดกระเทียมที่ 50,000 พีพีเอ็มจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า 5,000 พีพีเอ็ม แต่ประสิทธิภาพสูงกว่าเพียง 0.2 เท่า) มาทดสอบกับเนื้อหมูปด และเก็บรักษานาน 5 วันติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อ *E.coli* และ เชื้อ *S.aureus*

การเก็บรักษาตัวอย่างเนื้อหมูปดที่เติมสารสกัดกระเทียมแห้งสกัดด้วยน้ำและเอทานอลโดยการใช้อัลตราโซนิกความเข้มข้น 5,000 พีพีเอ็มเป็นเวลา 5 วัน พบว่าปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อ *E.coli* และ เชื้อ *S.aureus* เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่ตัวอย่างเนื้อหมูปดที่เติมเชื้อแบคทีเรีย 2 ชนิด (*E. coli* และ *S. aureus* ปริมาณ 10^5 CFU) และเติมสารสกัดกระเทียมแห้งที่สกัดด้วยเอทานอล เก็บรักษานาน 5 วัน มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อ *E.coli* และ เชื้อ *S.aureus* ต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.53, 0.31 และ 0.72×10^3 CFU/g (ตารางที่ 4.12) ผลการทดลองในเนื้อหมูปด สอดคล้องกับผลการทดสอบเชื้อแบคทีเรีย โดยเทคนิค disc diffusion และ agar well diffusion ที่แสดงให้เห็นว่าสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยเอทานอลให้ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียดีกว่าสารสกัดกระเทียมสกัดด้วยน้ำ อย่างไรก็ตามในการทดลองกับเนื้อหมูปดนี้ พบปริมาณเชื้อ *S.aureus* น้อยกว่าเชื้อ *E.coli* และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด แต่ลักษณะปรากฏของเนื้อหมูปดเปลี่ยนแปลงจากวันเริ่มต้น กล่าวคือเนื้อหมูปดมีสีเขียวคล้ำขึ้น เนื้อจะเละและมีกลิ่นเปรี้ยวเล็กน้อย เมื่อเทียบกับเนื้อหมูปดที่ไม่เติมเชื้อแบคทีเรียแต่เติมสารสกัดกระเทียม เก็บรักษาเป็นนาน 5 วัน ลักษณะปรากฏไม่เปลี่ยนแปลงจากวันแรกเนื้อหมูปดยังคงมีสีแดงออกชมพู เนื้อไม่เละ (ไม่แสดงผลข้อมูล)

ตารางที่ 4.12 ทดสอบปริมาณเชื้อแบคทีเรียในเนื้อหมูบด โดยเติมสารสกัดกระเทียมแห้งสกัดด้วยน้ำและเอทานอล โดยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 5,000 วัตต์

Sample	Day	Amount of bacteria ($\times 10^3$ CFU/g)		
		<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	Total plate count
Dried garlic extracted by water	1	0.59 $\pm$ 0.01	0.38 $\pm$ 0.02	0.72 $\pm$ 0.03
	3	0.93 $\pm$ 0.02	0.71 $\pm$ 0.02	1.07 $\pm$ 0.03
	5	1.21 $\pm$ 0.03	0.93 $\pm$ 0.02	1.31 $\pm$ 0.04
Dried garlic extracted by ethanol	1	0.53 $\pm$ 0.03	0.31 $\pm$ 0.02	0.64 $\pm$ 0.04
	3	0.82 $\pm$ 0.03	0.62 $\pm$ 0.02	0.99 $\pm$ 0.02
	5	1.05 $\pm$ 0.05	0.91 $\pm$ 0.03	1.28 $\pm$ 0.02
Streptomycin	1	0.04 $\pm$ 0.25	0.03 $\pm$ 0.39	0.06 $\pm$ 0.15
	3	0.06 $\pm$ 0.15	0.05 $\pm$ 0.44	0.08 $\pm$ 0.20
	5	0.08 $\pm$ 0.35	0.07 $\pm$ 0.57	0.09 $\pm$ 0.35
Control (no add extracted)	1	6.20 $\pm$ 0.26	4.70 $\pm$ 0.74	8.97 $\pm$ 0.20
	3	8.66 $\pm$ 0.36	7.35 $\pm$ 0.61	11.80 $\pm$ 0.53
	5	10.67 $\pm$ 0.03	10.10 $\pm$ 0.18	13.50 $\pm$ 0.04

4.2 ประสิทธิภาพของสารสกัดหอมหัวใหญ่ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคในอาหาร

4.2.1 ลักษณะปรากฏของสารสกัดหอมหัวใหญ่

การสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล ปีโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก พบว่าลักษณะปรากฏของสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งมีสีเข้มกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่สด การสกัดหอมหัวใหญ่ด้วยน้ำและเอทานอลให้สีที่คล้ายกัน แต่การสกัดด้วยเอทานอลจะมีสีเขียวเหลืองที่มีสีเข้มกว่า สำหรับสารสกัดหอมหัวใหญ่ที่สกัดโดยปีโตรเลียมอีเทอร์มีสีเขียวปนเหลือง มีลักษณะเหลวและใส สำหรับการสกัดโดยการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก พบว่าสารสกัดโดยการแช่จะมีสีเหลืองเข้มกว่า และมีความใสมากกว่าวิธีการแช่ (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 ลักษณะทางกายภาพของสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปีโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

Sample	Solvent	Extraction	Appearance
Fresh	Water	Maceration	มีสีเขียวปนเหลืองเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดเล็กน้อย
		Ultrasonic	มีสีเขียวปนเหลืองอ่อน มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดเล็กน้อย
	Ethanol	Maceration	มีสีเขียวปนเหลืองเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดปานกลาง
		Ultrasonic	มีสีเขียวปนเหลืองเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดเล็กน้อย
	Petroleum ether	Maceration	มีสีเขียวปนเหลืองอ่อน มีลักษณะเหลวและใส
		Ultrasonic	มีสีเขียวปนเหลืองอ่อน มีลักษณะเหลวและใส
Dried	Water	Maceration	มีสีเขียวปนเหลืองเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดปานกลาง
		Ultrasonic	มีสีเขียวปนเหลืองเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืด
	Ethanol	Maceration	มีสีเขียวปนเหลืองเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดมาก
		Ultrasonic	มีสีเขียวปนเหลืองเข้ม มีลักษณะขุ่นและข้นหนืดปานกลาง
	Petroleum ether	Maceration	มีสีเขียวปนเหลืองเข้ม มีลักษณะเหลวและใส
		Ultrasonic	มีสีเขียวปนเหลืองเข้มเล็กน้อย มีลักษณะเหลวและใส

4.2.2 ร้อยละผลผลิตของสารสกัดหอมหัวใหญ่

จากการสกัดหอมหัวใหญ่ตัวอย่างสดและแห้งด้วยน้ำ เอทานอล และปีโตรเลียมอีเทอร์ โดยใช้เทคนิคช่วยในการสกัดคือการแช่และคลื่นอัลตราโซนิก พบว่าตัวอย่างสดและแห้ง ชนิดของตัวทำละลาย และเทคนิคช่วยในการสกัดมีผลต่อปริมาณร้อยละผลผลิตของสารสกัดกระเทียม ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.14) โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่ด้วยน้ำให้ปริมาณร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับร้อยละ 41.85 รองลงมา สกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยเอทานอลให้ปริมาณร้อยละผลผลิตเท่ากับร้อยละ 36.41 และส่วนสกัด

หอมหัวใหญ่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 1.11 ซึ่งมีความแตกต่างกับรายงานวิจัยของChang และคณะ(2013) ที่สกัดหอมหัวใหญ่ด้วยน้ำให้ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 60.80 และงานวิจัยของอมรรัตน์ ตั้งสกุล (2550) ที่สกัดหอมหัวใหญ่ด้วยเอทานอลและเฮกเซนนาน 24 ชั่วโมงให้ร้อยละผลผลิตเท่ากับ 45.8 และ 3.0 ตามลำดับ เนื่องจากสารประกอบในหอมหัวใหญ่ส่วนใหญ่เป็นสารที่มีขั้วจำพวกสารประกอบซัลเฟอร์และสารประกอบฟีนอลิกตัวทำละลายน้ำจึงละลายสารประกอบซัลเฟอร์และฟีนอลิกออกมาได้ดีกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น ส่วนปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว จึงละลายสารประกอบซัลเฟอร์และฟีนอลิกออกมาได้น้อย (รานี สุวรรณพฤษ, 2549; Makrisและ Rossiter, 2001; Lanzotti, 2006) ถึงแม้หอมหัวใหญ่แห้งให้ค่าร้อยละผลผลิตมากกว่าหอมหัวใหญ่สดและการสกัดโดยการแช่ให้ค่าร้อยละผลผลิตมากกว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิก แต่ปริมาณที่ได้มีความแตกต่างกันน้อย อาจเนื่องมาจากในระหว่างการระเหยตัวทำละลายออก ใช้ระยะเวลาในการระเหยเท่ากัน ทำให้สารสกัดที่ได้มีปริมาณร้อยละผลผลิตไม่แตกต่างกัน ซึ่งมีแนวโน้มของผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกับสารสกัดกระเทียม

ในการศึกษานี้พบว่ามียาปฏิชีวนะของตัวอย่างสดและแห้ง ตัวทำละลายและตัวช่วยในการสกัด ($p \leq 0.05$) โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งด้วยการแช่นาน 3 ชั่วโมง ให้ปริมาณร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 42.67 รองลงมาคือสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งด้วยน้ำโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกเท่ากับร้อยละ 42.11

4.2.3 ค่าดัชนีหักเหแสงของสารสกัดหอมหัวใหญ่

สารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยเอทานอลให้ค่าดัชนีหักเหแสงสูงสุดมีค่าอยู่ในช่วง 1.455-1.457 รองลงมาคือสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยน้ำมีค่าอยู่ในช่วง 1.465-1.470 และสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ค่าดัชนีหักเหแสงต่ำสุดมีค่าอยู่ในช่วง 1.406-1.409(ตารางที่ 4.15) ซึ่งสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยน้ำและเอทานอลให้ค่าดัชนีหักเหแสงใกล้เคียงกัน ซึ่งน้ำและเอทานอลเป็นสารที่มีขั้วเหมือนกันสามารถดึงสารส่วนที่มีขั้วเหมือนกันออกมาอาจรวมถึงคาร์โบไฮเดรต โปรตีน เกลือแร่ และสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ค่าต่ำที่สุด ส่วนสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งให้ค่าดัชนีหักเหแสงสูงกว่าสารสกัดสดและสกัดด้วยการแช่ให้ค่าดัชนีหักเหแสงสูงกว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิก แต่ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันซึ่งตัวอย่างสดและแห้งชนิดของตัวทำละลาย และเทคนิคช่วยในการสกัดมีผลต่อค่าดัชนีการหักเหแสงเช่นเดียวกับปริมาณร้อยละผลผลิต โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่มีค่าดัชนีหักเหแสงไปในทิศทางเดียวกับสารสกัดกระเทียม

ตารางที่ 4.14 ร้อยละผลผลิตของสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

Sample	Solvent	Extraction	%yield
Fresh			25.25 ^b
Dried			27.66 ^a
F-test			*
LSD			0.28
	Water		41.85 ^a
	Ethanol		36.41 ^b
	Petroleum ether		1.11 ^c
	F-test		*
	LSD		0.34
		Maceration	26.78 ^a
		Ultrasonic	26.13 ^b
		F-test	*
		LSD	0.28
Fresh	Water	Maceration	41.60±0.20 ^{bc}
		Ultrasonic	40.99±0.85 ^c
	Ethanol	Maceration	34.40±0.26 ^f
		Ultrasonic	32.55±0.44 ^g
	Petroleum ether	Maceration	0.99±0.03 ^h
		Ultrasonic	0.97±0.04 ^h
Dried	Water	Maceration	42.67±0.60 ^a
		Ultrasonic	42.11±0.29 ^{ab}
	Ethanol	Maceration	39.70±0.13 ^d
		Ultrasonic	38.97±0.70 ^e
	Petroleum ether	Maceration	1.30±0.02 ^h
		Ultrasonic	1.20±0.02 ^h
	F-test		*
	LSD		0.69
	C.V. (%)		1.53

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{a, b, c, ...} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4.1.2.4 ค่าสีของสารสกัดหอมหัวใหญ่

ชนิดของตัวทำละลายมีผลต่อค่าสีของสารสกัดหอมหัวใหญ่ ซึ่งสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยน้ำและเอทานอลให้ค่า L^* , a^* , b^* และ hue ใกล้เคียงกันโดยให้เหลืองปนเขียวเข้ม ส่วนสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้สีเหลืองปนเขียวอ่อน ส่วนสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งให้ค่าสีสูงกว่าสารสกัดสดและสกัดด้วยการแช่ให้ค่าสีสูงกว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิก แต่ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.15) ซึ่งค่าสีของสารสกัดหอมหัวใหญ่สอดคล้องกับลักษณะปรากฏของสีเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำและเอทานอลโดยการแช่และใช้คลื่นอัลตราโซนิกให้สีและลักษณะปรากฏใกล้เคียงคือมีสีเหลืองปนเขียวเข้ม ลักษณะขุ่นหนืดและขุ่น ส่วนสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์โดยการแช่และใช้คลื่นอัลตราโซนิกให้สีและลักษณะปรากฏคือมีสีเหลืองปนเขียวอ่อน ลักษณะเหลวใส (ตารางที่ 4.13) สารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอลให้สารสกัดสีเหลืองเข้มกว่าการสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์เนื่องจากสีในสารสกัดอาจเป็นสีของ flavonoidsquercetin ซึ่งเป็นรงควัตถุในหอมหัวใหญ่ (Lanzotti, 2006)

4.2.5 องค์ประกอบสารหอมระเหยของสารสกัดหอมหัวใหญ่

สารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล ปิโตรเลียมอีเทอร์โดยการแช่ วิเคราะห์หาสารหอมระเหยด้วยเครื่อง GC-MS พบว่าตัวอย่างสดและแห้ง ตัวทำละลายต่างชนิดกันมีผลต่อการวิเคราะห์องค์ประกอบสารหอมระเหยสารที่วิเคราะห์ได้มีชนิดและปริมาณต่างกัน โดยสารที่พบเป็นสารกลุ่ม organosulfur มีหมู่ sulfur เป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับสารสกัดกระเทียม ซึ่งสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยเอทานอลมีชนิดและปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีสูงกว่าตัวทำละลายชนิดอื่นอาจเนื่องมาจากสารประเภท organosulfur ที่มีทั้งส่วนที่เป็น hydrophilic และส่วนที่เป็น hydrophobic จึงสามารถดึงสารสำคัญออกมาได้มาก จากการทดสอบสารสกัดหอมหัวใหญ่พบสาร dimethyl disulfide, 2-methyl-2-pentanal, 3,4-dimethylthiophene, methyl propenyl disulfide, 1,3-dithiane, dimethyl trisulfide, diallyl disulfide, dipropyl disulfide, methyl allyl sulfide, dimethyl tetrasulfide (ตารางที่ 4.16) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยในปี 2007 Marta และคณะ พบสาร dipropenyl disulfide, dimethyl trisulfide และในปี 2013 Ye และคณะ พบสาร propenyl propyl disulfide

ตารางที่ 4.15 ค่าการหักเหของแสงและค่าสีของสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

Sample	Solvent	Extraction	Refractive index	Color			
				L*	a*	b*	H°
Fresh			1.443	58.94±5.99	5.96±1.38	30.98±2.87	108.83±13.11
Dried			1.445	61.93±4.62	6.59±1.08	34.15±3.35	110.19±12.64
	Water		1.458	57.09±2.04	5.04±0.52	35.95±1.77	98.02±1.14
	Ethanol		1.467	57.05±2.94	6.06±0.60	32.61±2.65	104.87±1.07
	Petroleum ether		1.408	67.18±0.85	7.72±0.09	29.14±1.17	125.63±0.97
		Maceration	1.445	59.69±5.85	6.42±1.22	32.32±3.51	108.95±12.74
		Ultrasonic	1.443	61.18±5.21	6.14±1.33	32.82±3.61	110.07±13.03
Fresh	Water	Maceration	1.457	54.69±0.31	4.75±0.12	34.23±0.06	96.76±0.08
		Ultrasonic	1.455	56.47±0.27	4.54±0.17	34.68±0.08	97.54±0.09
	Ethanol	Maceration	1.466	53.56±0.39	5.72±0.13	30.25±0.06	103.70±0.15
		Ultrasonic	1.465	55.81±0.22	5.44±0.10	30.40±0.04	104.44±0.12
	Petroleum ether	Maceration	1.407	66.00±0.10	7.68±0.17	27.85±0.11	124.64±0.10
		Ultrasonic	1.406	67.11±0.40	7.62±0.14	28.47±0.07	125.89±0.07
Dried	Water	Maceration	1.460	57.62±0.24	5.72±0.25	37.07±0.05	98.33±0.10
		Ultrasonic	1.459	59.56±0.26	5.16±0.07	37.83±0.10	99.44±0.09
	Ethanol	Maceration	1.470	58.64±0.37	6.78±0.13	34.61±0.08	105.12±0.10
		Ultrasonic	1.466	60.17±0.07	6.31±0.24	35.18±0.08	106.23±0.09
	Petroleum ether	Maceration	1.409	67.65±0.13	7.84±0.14	29.89±0.05	125.12±0.09
		Ultrasonic	1.408	67.94±0.04	7.74±0.13	30.34±0.07	126.87±0.08

ตารางที่ 4.16 องค์ประกอบสารหอมระเหยของสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้ง

Volatile compound	RI	Relative peak area (%)						Odor description*
		Water		Ethanol		Petroleum ether		
		Fresh	Dried	Fresh	Dried	Fresh	Dried	
Dimethyl disulfide	728	3.76	2.58	9.80	5.14	-	-	Sulfurous cabbage onion
2-Methyl-2-pentanal	766	-	5.33	4.75	18.38	34.27	34.73	Pungent
3,4-Dimethylthiophene	806	12.24	9.66	11.81	3.31	3.48	0.58	Savory roasted onion
Methyl propenyl disulfide	821	-	-	9.26	9.68	9.85	10.16	Sulfurous garlic onion
1,3-Dithiane	825	11.56	16.14	12.39	23.41	5.79	6.30	Alliaceous roasted
Dimethyl trisulfide	845	44.02	32.78	46.10	22.57	11.15	7.16	Sulfurous garlic onion
Diallyl disulfide	899	-	-	-	-	8.19	1.02	Alliaceous garlic onion
Dipropyl disulfide	913	-	-	-	-	27.30	1.60	-
Methyl allyl sulfide	946	22.71	27.22	5.48	17.32	-	38.58	Sulfurous garlic onion
Dimethyl tetrasulfide	976	5.60	6.27	-	-	-	-	Alliaceous garlic onion

* ที่มา: http://www.flavornet.org/f_kovats.html

RI = retention time index เมื่อเทียบกับสารอัลเคนมาตรฐาน (C₈-C₂₀)

4.2.6 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดหอมหัวใหญ่

ตัวอย่างสดและแห้ง ทำละลาย และเทคนิคช่วยในการสกัดมีอิทธิพลร่วมกันต่อประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ DPPH[•] ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.17) โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยเอทานอลให้ค่าสูงสุดเท่ากับ 1.63 g GAE/100gDW รองลงมาสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยน้ำให้ค่าเท่ากับ 1.02 g GAE/100gDW และสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.39 g GAE/100gDW มีแนวโน้มผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกับรายงานวิจัยของ Nuutila และคณะ (2003) สกัดหอมหัวใหญ่ด้วยน้ำผสมกับเมทานอลและงานวิจัยของ Siddiqui และคณะ (2013) ศึกษาการสกัดหอมหัวใหญ่ด้วยตัวทำละลายเอทานอลพบว่าให้ปริมาณสารฟีนอลิกสูงโดยปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความเข้มข้นของตัวทำละลาย ซึ่งสารฟีนอลิกเป็นสารที่ขั้ว ทำให้สามารถละลายได้ดีในเอทานอลและน้ำ ส่วนปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายที่มีขั้วต่ำ ทำให้ได้ปริมาณสารฟีนอลิกออกมาน้อย นอกจากนี้สารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งให้ปริมาณสารฟีนอลิกสูงกว่าสารสกัดสดและการสกัดโดยการแช่ให้ปริมาณสารฟีนอลิกสูงกว่าการใช้คลื่นอัลตราโซนิก แต่ปริมาณสารฟีนอลิกที่ได้ไม่แตกต่างกัน โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งด้วยเอทานอลโดยการแช่ให้

ค่าสูงสุดเท่ากับ 1.66 gGAE/100gDW รองลงมาคือสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งด้วยเอทานอลโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกให้ค่าเท่ากับ 1.64 gGAE/100gDW

4.2.7 ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหอมหัวใหญ่ด้วยวิธี DPPH free radical scavenging

การทดสอบประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH free radical scavenging พบว่าตัวอย่างสดและแห้ง ตัวทำละลายและเทคนิคช่วยในการสกัดมีอิทธิพลร่วมกันต่อการต้านอนุมูลอิสระ DPPH[•] ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.17) โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยเอทานอลให้ค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 67.65 รองลงมาสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยน้ำให้ค่าเท่ากับร้อยละ 40.55 และสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 4.53 ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสารฟีนอลิกสูงสุด รองลงมาคือน้ำและปิโตรเลียมอีเทอร์ มีแนวโน้มผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกับรายงานวิจัยของ Cheng และคณะ (2013) สกัดกระเทียมโดยใช้ตัวทำละลายน้ำผสมกับเมทานอลพบสารโพลีฟีนอลปริมาณทำให้สามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดีซึ่งคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระขึ้นอยู่กับตำแหน่งและปริมาณของหมู่ OH ในโครงสร้างของสารฟีนอลิก (Yang และคณะ, 2004) ส่วนสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งกับสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH[•] ไม่แตกต่างกัน โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งด้วยเอทานอลโดยการแช่ให้ค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 78.88 รองลงมาคือสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งด้วยเอทานอลโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกให้ค่าเท่ากับร้อยละ 67.56 โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่ให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH[•] ไปในทิศทางเดียวกับสารสกัดกระเทียม

4.2.8 ประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดหอมหัวใหญ่ด้วยวิธี ABTS decolorization scavenging effect

พบว่าตัวอย่างสดและแห้ง ตัวทำละลายและเทคนิคช่วยในการสกัดมีอิทธิพลร่วมกันต่อประสิทธิภาพการต้านอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.17) โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยเอทานอลให้ค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 66.61 รองลงมาสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยน้ำให้ค่าเท่ากับร้อยละ 34.22 และสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์ให้ค่าต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 2.65 ซึ่งค่าที่ได้สอดคล้องกับปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสารฟีนอลิกสูงสุด รองลงมาคือน้ำและปิโตรเลียมอีเทอร์ ซึ่งคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} มีหลักการคล้ายกับวิธี DPPH[•] มีแนวโน้มผลการทดสอบไปในทิศทางเดียวกับรายงานวิจัยของ Fidrianny และคณะ (2013) สกัดสารสกัดหอมหัวใหญ่ด้วยเอทานอลและเฮกเซน โดยการสกัดด้วยเอทานอลให้สามารถต้านอนุมูล

อิสระได้สูงกว่าการสกัดด้วยเฮกเซนซึ่งสารฟีนอลิกที่พบในสารสกัดกระเทียมสามารถต้านอนุมูลอิสระได้ดี (Singh และคณะ, 2009) ส่วนสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งกับสารสกัดหอมหัวใหญ่ด้วยการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระ ABTS⁺ ไม่แตกต่างกัน โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งด้วยเอทานอลโดยการแช่ให้ค่าสูงสุดเท่ากับร้อยละ 72.73 รองลงมาคือสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งด้วยเอทานอลโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกให้ค่าเท่ากับร้อยละ 62.17 โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่ให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระ ABTS⁺ ไปในทิศทางเดียวกับสารสกัดกระเทียม

4.2.9 ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดหอมหัวใหญ่ด้วยวิธี Disc diffusion

สารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปีโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็ม ไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดได้ อาจเนื่องมาจากวิธี Disc diffusion ต้องใช้กระดาษกรองในการทดสอบ ซึ่งสารสกัดที่หยดลงบนกระดาษกรองอาจถูกดูดซับไว้ จึงทำให้ไม่สามารถแสดงประสิทธิภาพของสารสกัดหอมหัวใหญ่ออกมาได้

ตารางที่ 4.17 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH[•] และ ABTS^{•+} ของสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

Sample	Solvent	Extraction	Total phenolic (gGAE/100gDW)	%DPPH scavenging	%ABTS ^{•+} scavenging
Fresh			0.98 ^b	34.14 ^b	28.55 ^b
Dried			1.04 ^a	41.02 ^a	36.44 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.01	0.16	0.19
	Water		1.02 ^b	40.55 ^b	34.22 ^b
	Ethanol		1.63 ^a	67.65 ^a	66.61 ^a
	Petroleum ether		0.39 ^c	4.53 ^c	2.65 ^c
F-test			*	*	*
LSD			0.02	0.19	0.23
		Maceration	1.02 ^a	39.14 ^a	33.90 ^a
		Ultrasonic	1.00 ^b	36.02 ^b	31.10 ^b
F-test			*	*	*
LSD			0.01	0.16	0.19
Fresh	Water	Maceration	0.99 ± 0.02 ^e	37.73±0.24 ^g	31.34±0.29 ^f
		Ultrasonic	0.94 ± 0.01 ^f	35.16±0.29 ^h	28.70±0.29 ^g
	Ethanol	Maceration	1.62 ± 0.01 ^{bc}	62.58±0.24 ^c	54.91±0.35 ^c
		Ultrasonic	1.60 ± 0.03 ^c	61.61±0.23 ^d	52.64±0.28 ^d
	Petroleum ether	Maceration	0.39 ± 0.04 ^h	4.28±0.35 ^j	2.13±0.21 ^j
		Ultrasonic	0.35 ± 0.02 ⁱ	3.50±0.11 ^k	1.58±0.08 ^k
Dried	Water	Maceration	1.07 ± 0.01 ^d	46.01±0.17 ^c	38.52±0.29 ^c
		Ultrasonic	1.05 ± 0.01 ^d	43.33±0.23 ^f	38.33±0.28 ^c
	Ethanol	Maceration	1.66 ± 0.01 ^a	78.88±0.29 ^a	72.73±0.35 ^a
		Ultrasonic	1.64 ± 0.01 ^{ab}	67.56±0.31 ^b	62.17±0.29 ^b
	Petroleum ether	Maceration	0.42 ± 0.01 ^g	5.36±0.13 ⁱ	3.75±0.28 ^h
		Ultrasonic	0.40 ± 0.01 ^{gh}	4.97±0.35 ⁱ	3.15±0.21 ⁱ
F-test			*	*	*
LSD			0.03	0.39	0.47
C.V. (%)			1.8	0.62	0.85

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)

^{a, b, c, ...} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4.2.10 ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion ของสารสกัดหอมหัวใหญ่

ก. เชื้อ *Escherichia coli*

ตารางที่ 4.18 แสดงประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธี agar well diffusion ของสารสกัดหอมหัวใหญ่พบว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *E.coli* สูงที่สุด (24.25 มิลลิเมตร) รองลงมาเป็นสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งด้วยเอทานอลด้วยการใช้คลื่นอัลตราโซนิก ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็ม (23.46 มิลลิเมตร) ส่วนสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยน้ำโดยการแช่หรือคลื่นอัลตราโซนิก ใช้ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *E.coli* เท่ากับ 20.29-20.72 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดหอมหัวใหญ่เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E.coli* เพิ่มขึ้น นอกจากนี้สารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *E.coli* เพิ่มขึ้น และยังพบอีกด้วยว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่ด้วยเอทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E.coli* สูงกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วยน้ำ และการแช่หอมหัวใหญ่มีแนวโน้มได้สารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E.coli* สูงกว่าการใช้คลื่น อัลตราโซนิก

ข. เชื้อ *Staphylococcus aureus*

สารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยเอทานอลโดยการแช่หรือการใช้คลื่นอัลตราโซนิกความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S.aureus* สูง เท่ากับ 25.13 และ 24.46 มิลลิเมตร รองลงมาเป็นสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยน้ำ และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S.aureus* เท่ากับ 22.25-22.92 มิลลิเมตร (ตารางที่ 4.19) สำหรับสารสกัดหอมหัวใหญ่สดสกัดด้วยเอทานอล ด้วยการแช่หรือคลื่นอัลตราโซนิก ก็มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S.aureus* สูงกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่สดสกัดด้วยน้ำ และผลการทดลองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับค่าการยับยั้งเชื้อ *E.coli* โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S.aureus* สูงกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่สด สารสกัดหอมหัวใหญ่ด้วยเอทานอลมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S.aureus* สูงกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่สดสกัดด้วยน้ำ และสารสกัดหอมหัวใหญ่ด้วยการแช่ ทำให้สารสกัดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S.aureus* สูงกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่ที่ใช้คลื่นอัลตราโซนิก (ตารางที่ 4.19)

ค. เชื้อ *Salmonella* sp.

สารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยเอทานอลโดยการแช่ที่ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็ม ให้ค่าการยับยั้งเชื้อ *Salmonella* sp. สูงที่สุด(25.13 มิลลิเมตร) รองลงมาคือสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยเอทานอลโดยการใช้คลื่นอัลตราโซนิกสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยน้ำด้วยการแช่ สารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยน้ำด้วยการใช้คลื่นอัลตราโซนิกสารสกัดหอมหัวใหญ่สดสกัดด้วยเอทานอลด้วยการแช่ สารสกัดหอมหัวใหญ่สดสกัดด้วยเอทานอลด้วยการใช้คลื่นอัลตราโซนิกสารสกัดหอมหัวใหญ่สดสกัดด้วยน้ำด้วยการแช่ และสารสกัดหอมหัวใหญ่สดสกัดด้วยน้ำด้วยการใช้คลื่นอัลตราโซนิก ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19) ซึ่งสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้ง สกัดด้วยเอทานอล ด้วยการแช่ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Salmonella* sp. สูงกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่สด สกัดด้วยน้ำ ด้วยการใช้คลื่นอัลตราโซนิก (ตารางที่ 4.20)

ในการทดสอบสารสกัดหอมหัวใหญ่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็มต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า สารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยเอทานอล โดยการแช่ ความเข้มข้น 50,000 พีพีเอ็มมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *E. coli*, *S. aureus* และ *Salmonella* sp. สูงที่สุดสอดคล้องกับรายงานของ Adeshina(2011) ที่สกัดหอมหัวใหญ่สดด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำพบว่าสามารถยับยั้งเชื้อ *Salmonella* sp. และ *E. coli* ได้โดยมีค่าการยับยั้งเชื้อเท่ากับ 35, 19 มิลลิเมตรตามลำดับและในปี 2013 El-Moez และคณะ ศึกษาการสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดด้วยเอทานอลร้อยละ 95 สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* มีค่าการยับยั้งเชื้อเท่ากับ 20 และ 12 มิลลิเมตรและ *Staphylococcus aureus* มีค่าการยับยั้งเชื้อเท่ากับ 28 และ 10 มิลลิเมตรตามลำดับ

ตารางที่ 4.18 ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* ของสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500,5,000 และ 50,000 พีพีเอ็มด้วยเทคนิค agar well diffusion

Sample	Solvent	Extraction	Zone of inhibition (mm) at different concentration		
			(ppm)		
			500	5,000	50,000
Fresh			5.79 ^b	13.56 ^b	18.20 ^b
Dried			14.46 ^a	17.73 ^a	22.68 ^a
F-test			**	**	**
LSD			0.28	0.24	0.27
	Water		6.94 ^b	14.74 ^b	19.30 ^b
	Ethanol		13.31 ^a	16.55 ^a	21.57 ^a
F-test			**	**	**
LSD			0.28	0.24	0.27
		Maceration	10.55 ^a	16.22 ^a	21.01 ^a
		Ultrasonic	9.70 ^b	15.07 ^b	19.87 ^b
F-test			**	**	**
LSD			0.28	0.24	0.27
Fresh	Water	Maceration	0.00 ± 0.00 ^f	12.96±0.19 ^f	17.79±0.20 ^g
		Ultrasonic	0.00 ± 0.00 ^f	12.21±0.14 ^g	16.42±0.22 ^h
	Ethanol	Maceration	12.29±0.19 ^d	15.25±0.25 ^d	19.71±0.13 ^e
		Ultrasonic	10.88±0.57 ^e	13.83±0.19 ^e	18.88±0.33 ^f
Dried	Water	Maceration	14.30±0.40 ^b	17.58±0.56 ^b	22.29±0.25 ^c
		Ultrasonic	13.46±0.40 ^c	16.21±0.26 ^c	20.72±0.18 ^d
	Ethanol	Maceration	15.63±0.38 ^a	19.08±0.14 ^b	24.25±0.25 ^a
		Ultrasonic	14.46±0.19 ^b	18.04±0.19 ^a	23.46±0.58 ^b
F-test			**	**	**
LSD			0.57	0.47	0.54
C.V. (%)			3.24	1.75	1.52

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)

a, b, c, ... ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.19 ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Staphylococcus aureus* ของสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500,5,000 และ50,000พีพีเอ็มด้วยเทคนิคagar well diffusion

Sample	Solvent	Extraction	Zone of inhibition (mm) at different concentration		
			(ppm)		
			500	5,000	50,000
Fresh			5.95 ^b	15.22 ^b	19.51 ^b
Dried			14.55 ^a	18.60 ^a	23.69 ^a
F-test			*	*	*
LSD			0.22	0.31	0.37
	Water		6.91 ^b	16.15 ^b	20.56 ^b
	Ethanol		13.59 ^a	17.67 ^a	22.64 ^a
F-test			**	**	**
LSD			0.22	0.31	0.37
		Maceration	9.92 ^a	16.40 ^a	21.08 ^a
		Ultrasonic	10.59 ^b	17.42 ^b	22.11 ^b
F-test			**	**	**
LSD			0.22	0.31	0.37
Fresh	Water	Maceration	0.00 ± 0.00 ^g	14.72±0.51 ^f	18.96±0.31 ^d
		Ultrasonic	0.00 ± 0.00 ^g	14.08±0.26 ^g	18.13±0.45 ^e
	Ethanol	Maceration	12.42±0.38 ^e	16.71±0.26 ^d	21.46±0.44 ^c
		Ultrasonic	11.38±0.25 ^f	15.38±0.25 ^e	19.50±0.50 ^d
Dried	Water	Maceration	14.22±0.26 ^c	18.46±0.44 ^b	22.92±0.26 ^b
		Ultrasonic	13.42±0.14 ^d	17.34±0.25 ^c	22.25±0.66 ^b
	Ethanol	Maceration	15.71±0.44 ^a	19.79±0.44 ^a	25.13±0.38 ^a
		Ultrasonic	14.88±0.13 ^b	18.79±0.31 ^b	24.46±0.19 ^a
F-test			**	**	**
LSD			0.43	0.61	0.73
C.V. (%)			2.45	2.09	1.96

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99(p≤0.05)

^{a, b, c, ...} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95(p≤0.05)จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางที่ 4.20 ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Salmonella* sp. ของสารสกัดหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000 และ 50,000 พีพีเอ็ม ด้วยเทคนิค agar well diffusion

Sample	Solvent	Extraction	Zone of inhibition (mm) at different concentration (ppm)		
			500	5,000	50,000
Fresh			5.91 ^b	14.07 ^b	18.23 ^b
Dried			14.59 ^a	16.97 ^a	21.03 ^a
F-test			**	**	**
LSD			0.37	0.34	0.31
	Water		6.86 ^b	18.89 ^b	18.89 ^b
	Ethanol		13.64 ^a	16.37 ^a	20.38 ^a
F-test			**	**	**
LSD			0.37	0.34	0.31
		Maceration	10.62 ^a	16.00 ^a	20.04 ^a
		Ultrasonic	9.88 ^b	15.04 ^b	19.22 ^b
F-test			**	**	**
LSD			0.37	0.34	0.31
Fresh	Water	Maceration	0.00 ± 0.00 ^g	13.50 ± 0.37 ^c	17.67 ± 0.19 ^f
		Ultrasonic	0.00 ± 0.00 ^g	12.67 ± 0.69 ^f	17.13 ± 0.25 ^g
	Ethanol	Maceration	12.30 ± 0.19 ^e	15.42 ± 0.14 ^c	19.38 ± 0.21 ^d
		Ultrasonic	11.33 ± 0.19 ^f	14.71 ± 0.31 ^d	18.75 ± 0.13 ^e
Dried	Water	Maceration	14.42 ± 0.26 ^c	16.71 ± 0.19 ^b	20.75 ± 0.13 ^b
		Ultrasonic	13.01 ± 0.22 ^d	15.79 ± 0.07 ^c	20.01 ± 0.22 ^c
	Ethanol	Maceration	15.75 ± 0.25 ^a	18.38 ± 0.33 ^a	22.38 ± 0.22 ^a
		Ultrasonic	15.17 ± 0.38 ^b	17.01 ± 0.34 ^b	21.00 ± 0.25 ^b
F-test			**	**	**
LSD			0.39	0.61	0.35
C.V. (%)			2.18	2.27	1.04

หมายเหตุ * มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$)

^{a, b, c, ...} ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึงแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Least Significant Difference (LSD) ตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4.2.11 การประยุกต์สารสกัดหอมหัวใหญ่ในการยับยั้งแบคทีเรียในเนื้อหมูปด

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยน้ำและเอทานอลโดยใช้คลีนอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 5,000 พีพีเอ็มในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในเนื้อหมูปด เป็นเวลา 5 วัน พบว่าตัวอย่างเนื้อหมูปดที่เติมสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณเชื้อ *E.coli* และ เชื้อ *S.aureus* ต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.67, 0.57 และ 0.74 $\times 10^3$ CFU/g ตามลำดับ โดยสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยเอทานอลให้ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียดีกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยน้ำ และมีปริมาณเชื้อ *S.aureus* ในเนื้อหมูปดต่ำกว่าเชื้อ *E.coli* และปริมาณเชื้อทั้งหมด ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเทคนิค agar well diffusion อย่างไรก็ดีตามเมื่อเก็บรักษาเนื้อหมูปดที่เติมเชื้อ *E.coli* และ เชื้อ *S.aureus* 10^5 CFU/g ร่วมกับสารสกัดหอมหัวใหญ่ พบว่าเนื้อหมูปดที่เติมเชื้อแบคทีเรียร่วมกับสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยเอทานอล มีปริมาณเชื้อ *E.coli* และ เชื้อ *S.aureus* ต่ำกว่าหรือสามารถลดปริมาณเชื้อดังกล่าวได้ดีกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่สกัดด้วยน้ำ อย่างไรก็ดีตามเมื่อเก็บรักษาเป็นนาน 5 วัน ปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้น ลักษณะปรากฏเปลี่ยนแปลงจากวันแรกเนื้อหมูปดมีสีเขียวคล้ำขึ้น เนื้อและและมีกลิ่นเปรี้ยว (ตารางที่ 4.21)

ตารางที่ 4.21 ทดสอบปริมาณเชื้อแบคทีเรียในเนื้อหมูปด โดยเติมสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยน้ำและเอทานอล โดยวิธีการใช้คลีนอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 5,000 พีพีเอ็ม

Sample	Day	Amount of bacteria ($\times 10^3$ CFU/g)		
		<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	Total plate count
Dried onion	1	0.86 $\pm$ 0.40	0.71 $\pm$ 0.35	1.03 $\pm$ 0.02
extracted	3	1.22 $\pm$ 0.21	0.98 $\pm$ 0.15	1.45 $\pm$ 0.04
by water	5	1.70 $\pm$ 0.03	1.35 $\pm$ 0.02	1.92 $\pm$ 0.02
Dried onion	1	0.67 $\pm$ 0.20	0.57 $\pm$ 0.02	0.74 $\pm$ 0.03
extracted	3	1.06 $\pm$ 0.03	0.83 $\pm$ 0.03	1.23 $\pm$ 0.04
by ethanol	5	1.57 $\pm$ 0.04	1.14 $\pm$ 0.03	1.78 $\pm$ 0.02
Streptomycin	1	0.04 $\pm$ 0.25	0.03 $\pm$ 0.39	0.06 $\pm$ 0.15
	3	0.06 $\pm$ 0.15	0.05 $\pm$ 0.44	0.08 $\pm$ 0.20
	5	0.08 $\pm$ 0.35	0.07 $\pm$ 0.57	0.09 $\pm$ 0.35
Control	1	6.20 $\pm$ 0.26	4.70 $\pm$ 0.74	8.97 $\pm$ 0.20
(no add extracted)	3	8.66 $\pm$ 0.36	7.35 $\pm$ 0.61	11.80 $\pm$ 0.53
	5	10.67 $\pm$ 0.03	10.10 $\pm$ 0.18	13.50 $\pm$ 0.04

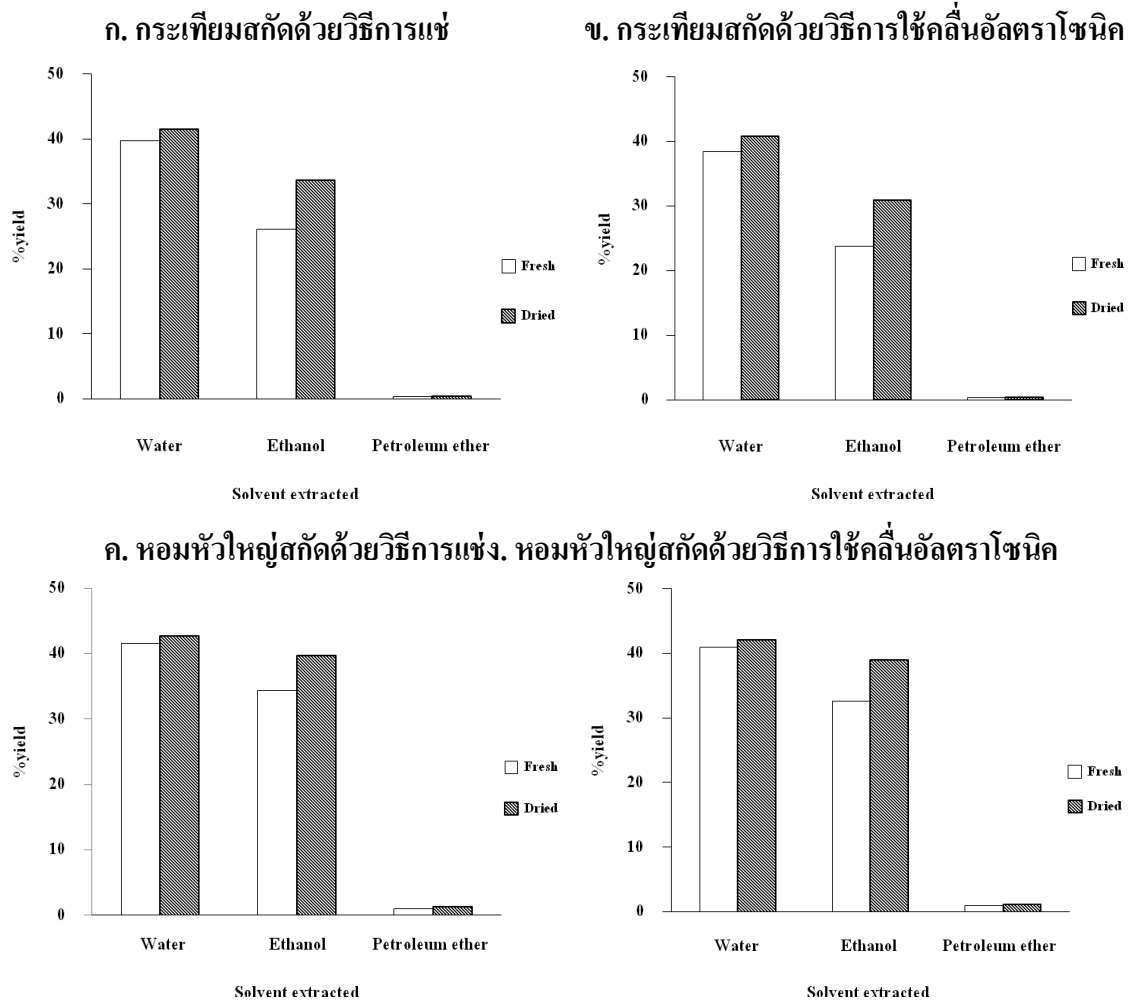
4.3 เปรียบเทียบสารสกัดกระเทียมและสารสกัดหอมหัวใหญ่

4.3.1 ร้อยละผลผลิตของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่

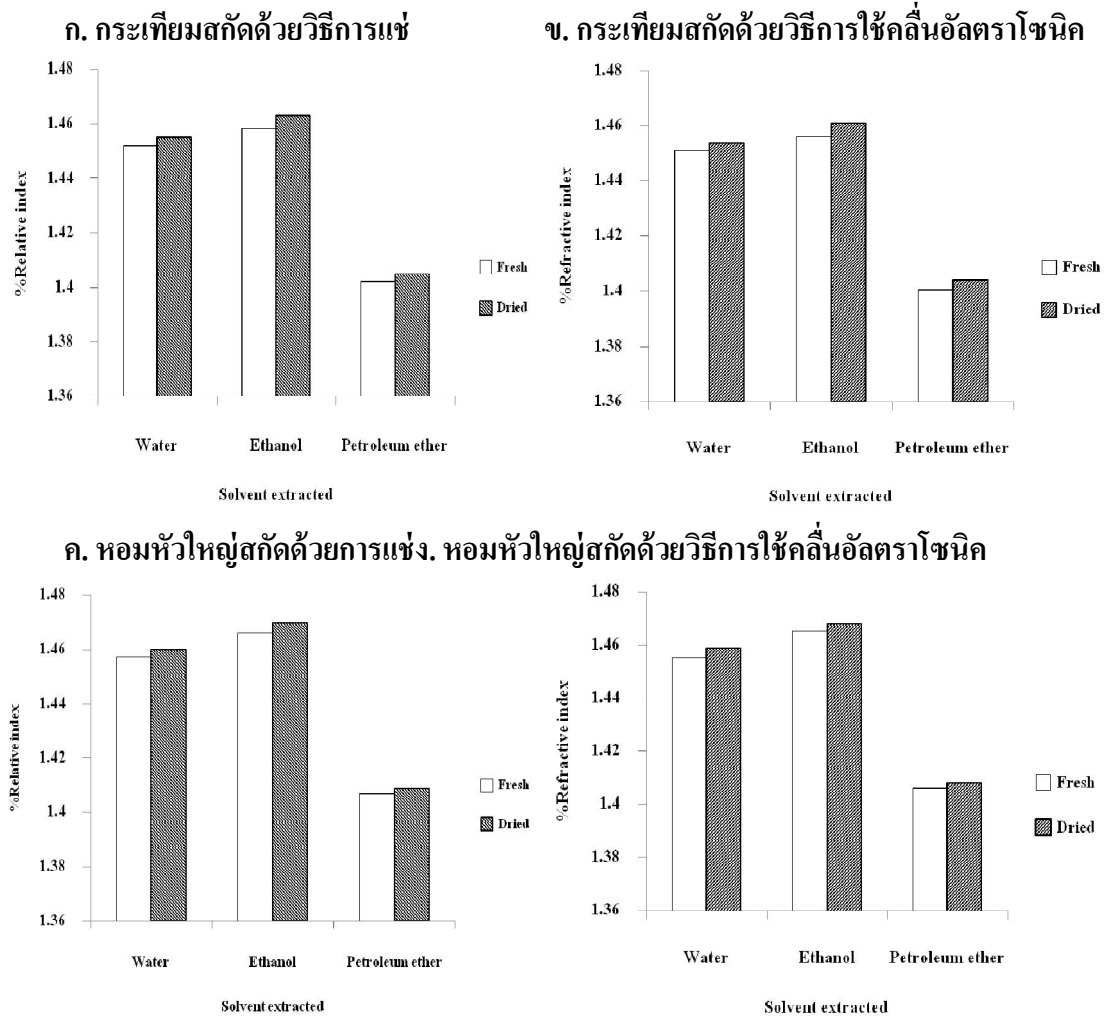
ผลการทดลองพบว่า ร้อยละผลผลิตของสารสกัดกระเทียมต่ำกว่าร้อยละผลผลิตของหอมหัวใหญ่ โดยสารสกัดกระเทียม และสารสกัดหอมหัวใหญ่ มีร้อยละผลผลิต เท่ากับร้อยละ 23.82-41.46 และ 32.55-42.67 ตามลำดับอย่างไรก็ตามพบว่าทั้งสารสกัดกระเทียมแห้งและสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้ง ที่สกัดด้วยเอทานอลโดยวิธีการแช่ ให้ร้อยละผลผลิตสูงกว่าสารสกัดกระเทียมแห้งและสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งที่สกัดด้วยเอทานอล โดยการใช้คลื่นอัลตราโซนิก สารสกัดกระเทียมแห้งและสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้ง ที่สกัดด้วยน้ำโดยวิธีการแช่ สารสกัดกระเทียมแห้งและสารสกัดหอมหัวใหญ่แห้งที่สกัดด้วยน้ำ โดยการใช้คลื่นอัลตราโซนิก สารสกัดกระเทียมสดและสารสกัดหอมหัวใหญ่สด ที่สกัดด้วยเอทานอลโดยวิธีการแช่ สารสกัดกระเทียมสดและสารสกัดหอมหัวใหญ่สดที่สกัดด้วยเอทานอล โดยการใช้คลื่นอัลตราโซนิก สารสกัดกระเทียมสดและสารสกัดหอมหัวใหญ่สด ที่สกัดด้วยน้ำ โดยวิธีการแช่ สารสกัดกระเทียมสดและสารสกัดหอมหัวใหญ่สดที่สกัดด้วยน้ำ โดยการใช้คลื่นอัลตราโซนิก(รูปที่ 4.1 และตารางที่ ข1) ซึ่งผลการศึกษานี้แตกต่างกับรายงานวิจัยของEkwenyeและ Elegalam (2005) ที่สกัดกระเทียมแห้งด้วยน้ำและเอทานอลโดยการแช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีร้อยละผลผลิตเท่ากับร้อยละ 56 และ 60 ตามลำดับ ซึ่งให้ร้อยละผลผลิตสูงกว่า สารสกัดกระเทียมแห้งที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอลโดยการแช่ของงานวิจัยนี้ (ร้อยละ 41.46และ 33.68ตามลำดับ) สำหรับสารสกัดหอมหัวใหญ่แตกต่างกับรายงานวิจัยของอมรรัตน์ ตั้งสกุล (2550) ที่สกัดหอมหัวใหญ่สดด้วยเอทานอลโดยการแช่นาน 24 ชั่วโมงมีร้อยละผลผลิตเท่ากับร้อยละ 45.8 ซึ่งให้ร้อยละผลผลิตที่ได้มีมากกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่สดที่สกัดด้วยเอทานอลโดยการแช่ของรายงานวิจัยนี้ (ร้อยละ 34.40) โดยงานวิจัยนี้ให้ร้อยละผลผลิตต่ำกว่ารายงานวิจัยอื่น เนื่องจากระยะเวลาในการสกัดที่ใช้ น้อยกว่างานวิจัยอื่น ซึ่งถ้าใช้เวลาในการสกัดนานอาจสกัดสารสำคัญที่อยู่ในเนื้อเยื่อของพืชออกมาได้มากกว่า ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้เวลาในการสกัดนาน 3 ชั่วโมง จึงทำให้ปริมาณสารสกัดที่ได้ต่ำกว่าการสกัดนาน 24 ชั่วโมง

4.3.2 ค่าดัชนีหักเหคลื่นแสงของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากหอมและกระเทียมมีดัชนีหักเหคลื่นแสงใกล้เคียงกัน เมื่อใช้วิธีการสกัดเหมือนกัน เช่น ชนิดของตัวอย่างสดหรือแห้ง สกัดด้วยตัวทำละลายชนิดเดียว และใช้การแช่หรือการคลื่นอัลตราโซนิก และสารสกัดจากตัวอย่างแห้งมีดัชนีการหักเหสูงกว่าสารสกัดจากตัวอย่างสด และพบว่าสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดสกัดด้วยปิโตรเลียมอีเทอร์โดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกมีค่าดัชนีหักเหคลื่นแสงสูงที่สุดเมื่อเทียบกับค่าดัชนีหักเหคลื่นแสงของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่แห้งสกัดด้วยน้ำและเอทานอล (รูปที่ 4.2)



รูปที่ 4.1 ร้อยละผลผลิตของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก ก) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการแช่, ข) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก, ค) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการแช่และ ง) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 4.2ค่าการหักเหคลื่นแสงของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำเอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก ก) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการแช่,ข) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก, ค) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการแช่และ ง) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

4.3.3 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่

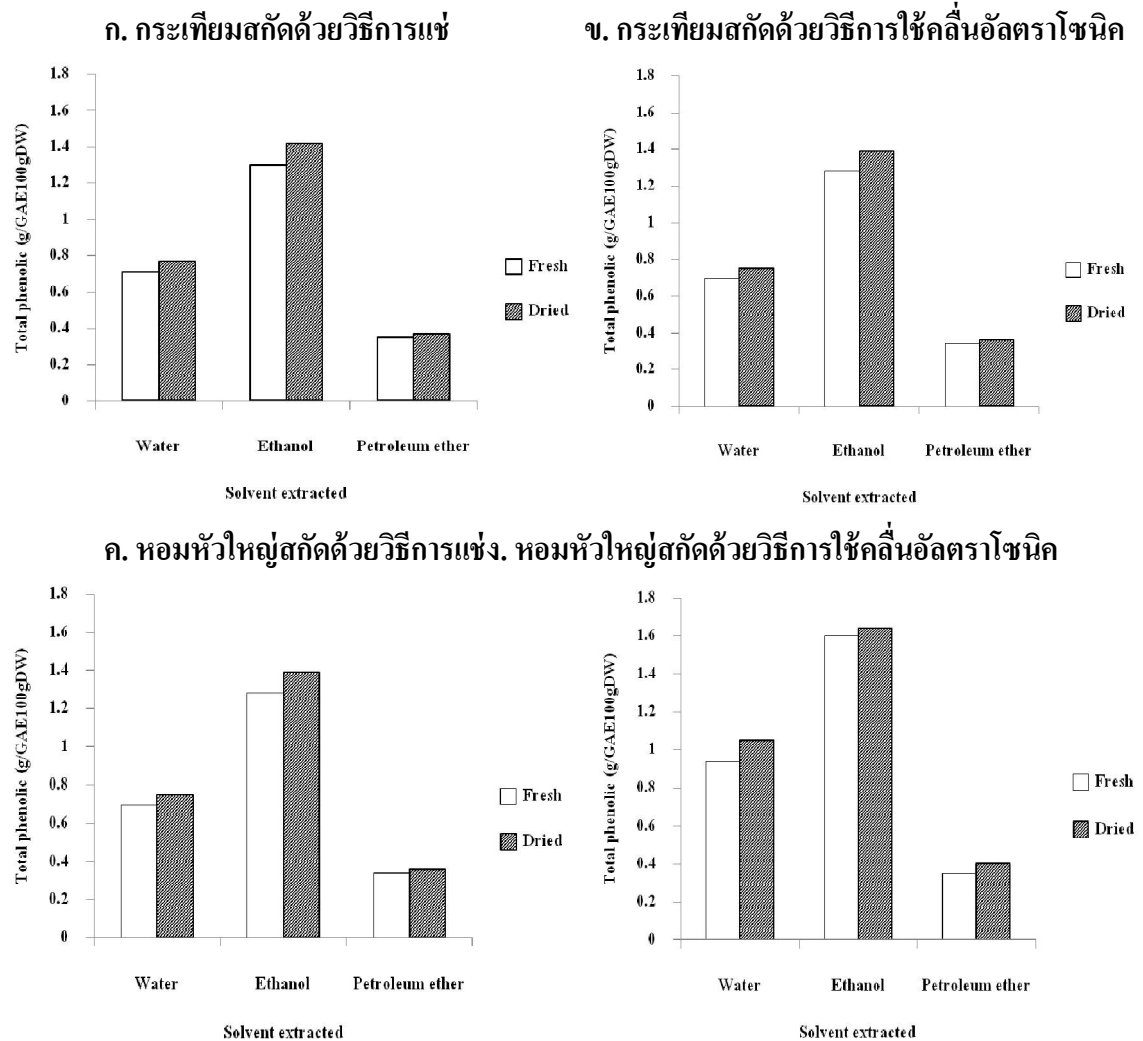
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่แห้ง พบว่าสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่แห้งมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สด การแช่ตัวอย่างไม่ส่งผลทำให้ปริมาณสารฟีนอลิกของสารสกัดกระเทียมและสารสกัดหอมหัวใหญ่ ทั้งตัวอย่างสดและแห้ง หรือการใช้ตัวทำละลายที่เป็น น้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ต่างกัน โดยสารสกัดกระเทียมและสารสกัดหอมหัวใหญ่ที่สกัดโดยเอทานอลมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ หรือปิโตรเลียมอีเทอร์ อย่างไรก็ตามการใช้คลื่นอัลตราโซนิกทำให้สกัดหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงกว่าสารสกัดกระเทียม (รูปที่ 4.3)

4.3.4 ประสิทธิภาพการสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH[•] และ ABTS^{•+} ของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่

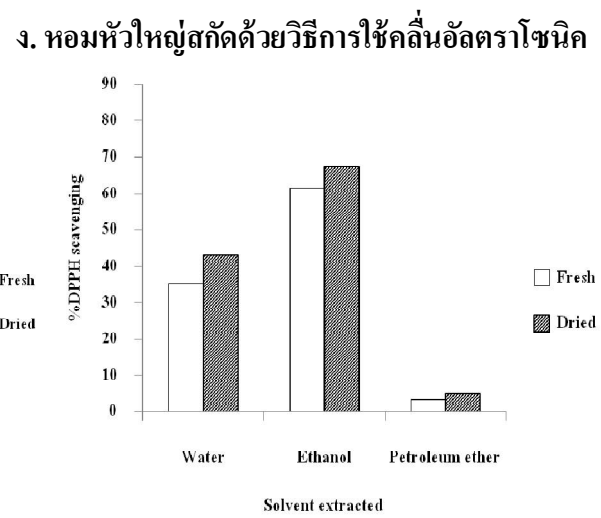
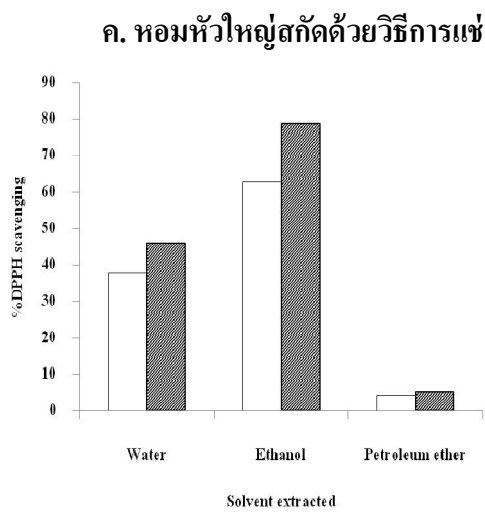
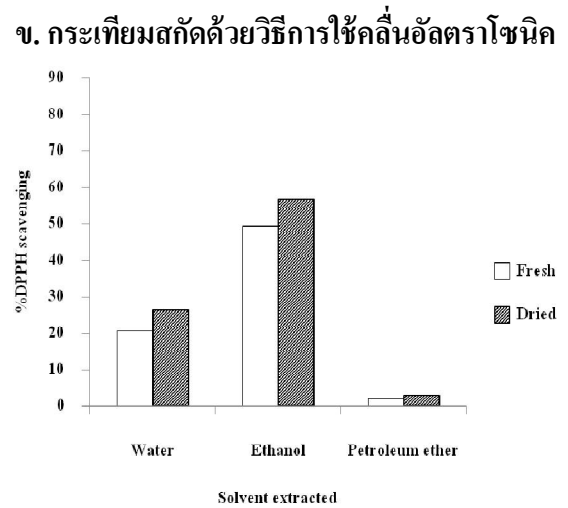
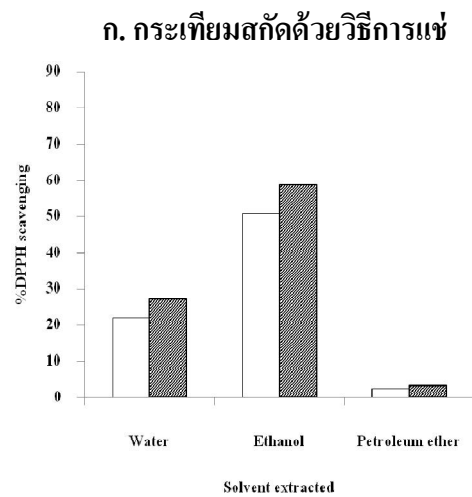
ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH[•] และ ABTS^{•+} ของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่ไม่สอดคล้องกับปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด แต่สารสกัดหอมหัวใหญ่ที่สกัดด้วยเอทานอลแห้งด้วยการแช่มีทำให้มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH[•] (รูปที่ 4.4) และ ABTS^{•+} (รูปที่ 4.5) สูงที่สุดและยังพบว่าสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่มีประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH[•] สูงกว่าประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS^{•+}

4.3.5 เปรียบเทียบสารหอมระเหยของสารสกัดกระเทียมและสารสกัดหอมหัวใหญ่

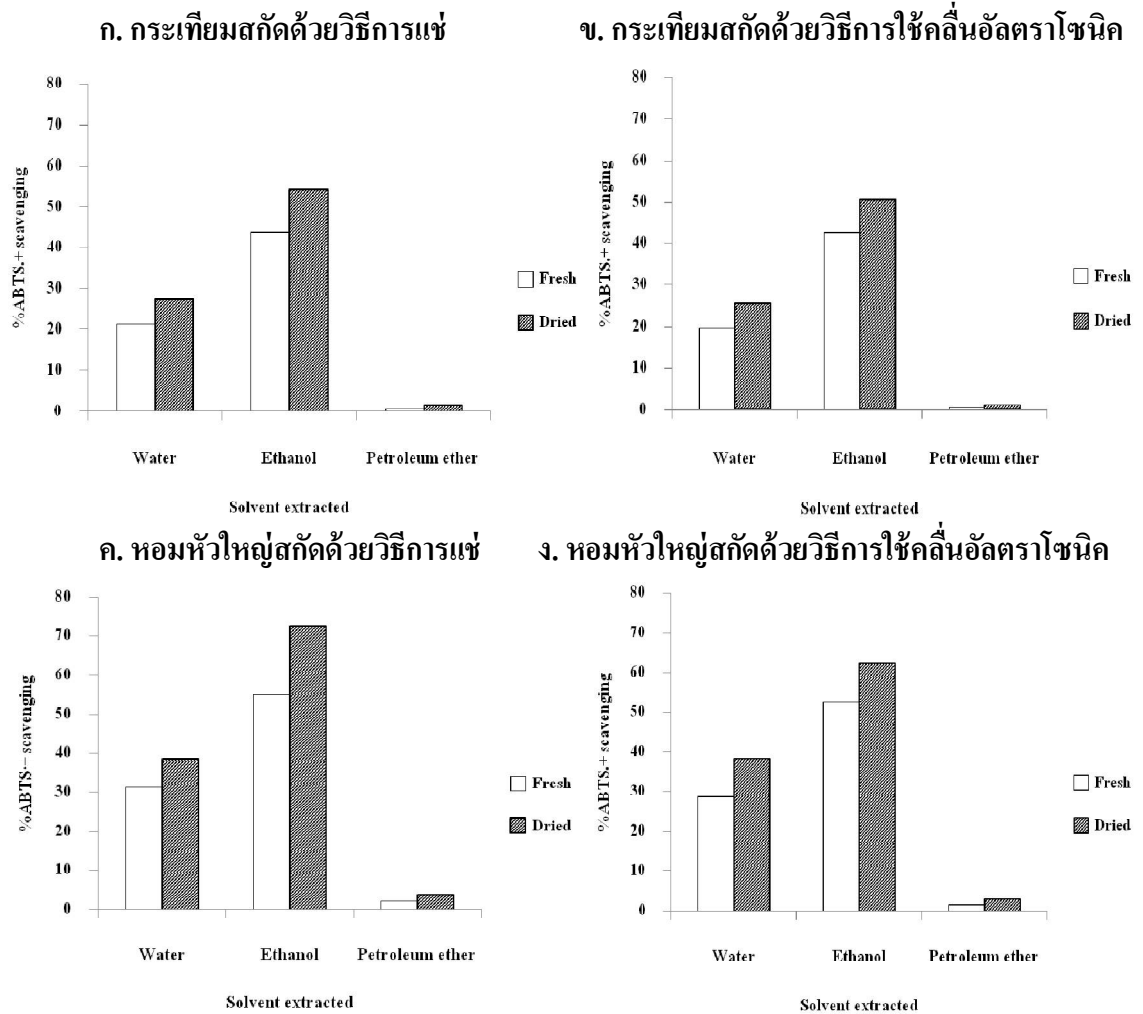
จากการเปรียบเทียบสารสำคัญในสารสกัดจากกระเทียมและหอมหัวใหญ่ พบว่า สารหอมระเหยที่พบในสารสกัดทั้ง 2 พืช คือ methyl propenyl, dimethyl trisulfide และ diallyl disulfide และสารที่พบเฉพาะในสารสกัดกระเทียม ได้แก่ 2-methyl-4-pentenal, diallyl sulfide, allyl methyl disulfide, allyl methyl trisulfide, diallyl trisulfide สำหรับสารที่พบเฉพาะในสารสกัดหอมหัวใหญ่ ได้แก่ dimethyl disulfide, 2-methyl-2-pentanal, 3,4-dimethyl thiophane, 1,3 dithiane, dipropyl disulfide, methyl allylsulfide, dimethyl tetrasulfide การที่สารสกัดกระเทียมมีสารสำคัญต่างกับสารสกัดจากหอมหัวใหญ่น่าจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อแบคทีเรีย



รูปที่ 4.3 ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก ก) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการแช่, ข) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก, ค) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการแช่และ ง) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 4.4ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH•ของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการแช่,ข) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก, ค) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการแช่และ ง) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก



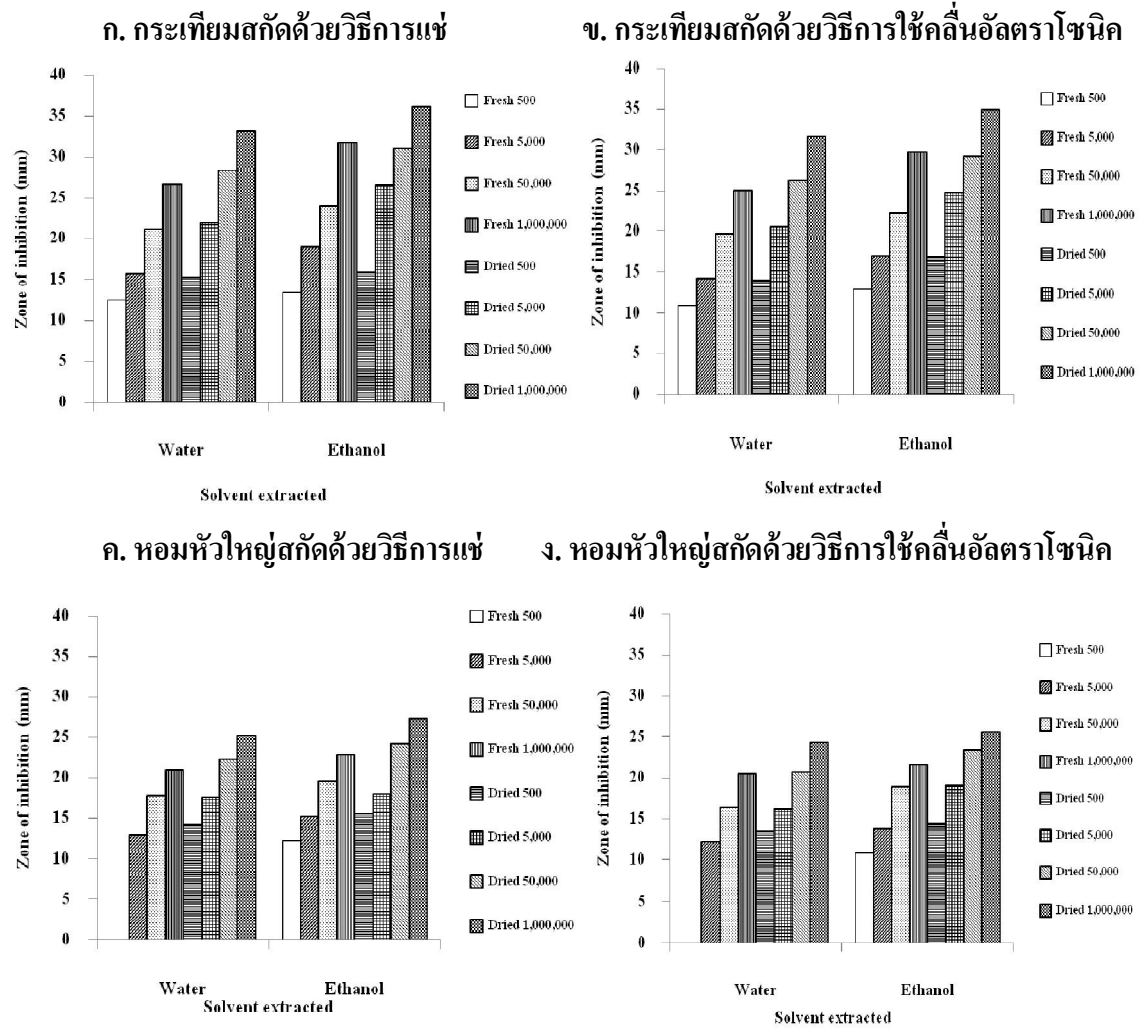
รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS^{•+} ของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอล และปิโตรเลียมอีเทอร์ โดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิก) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการแช่, ข) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก, ค) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการแช่และ ง) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

4.3.6 ประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อแบคทีเรียของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่

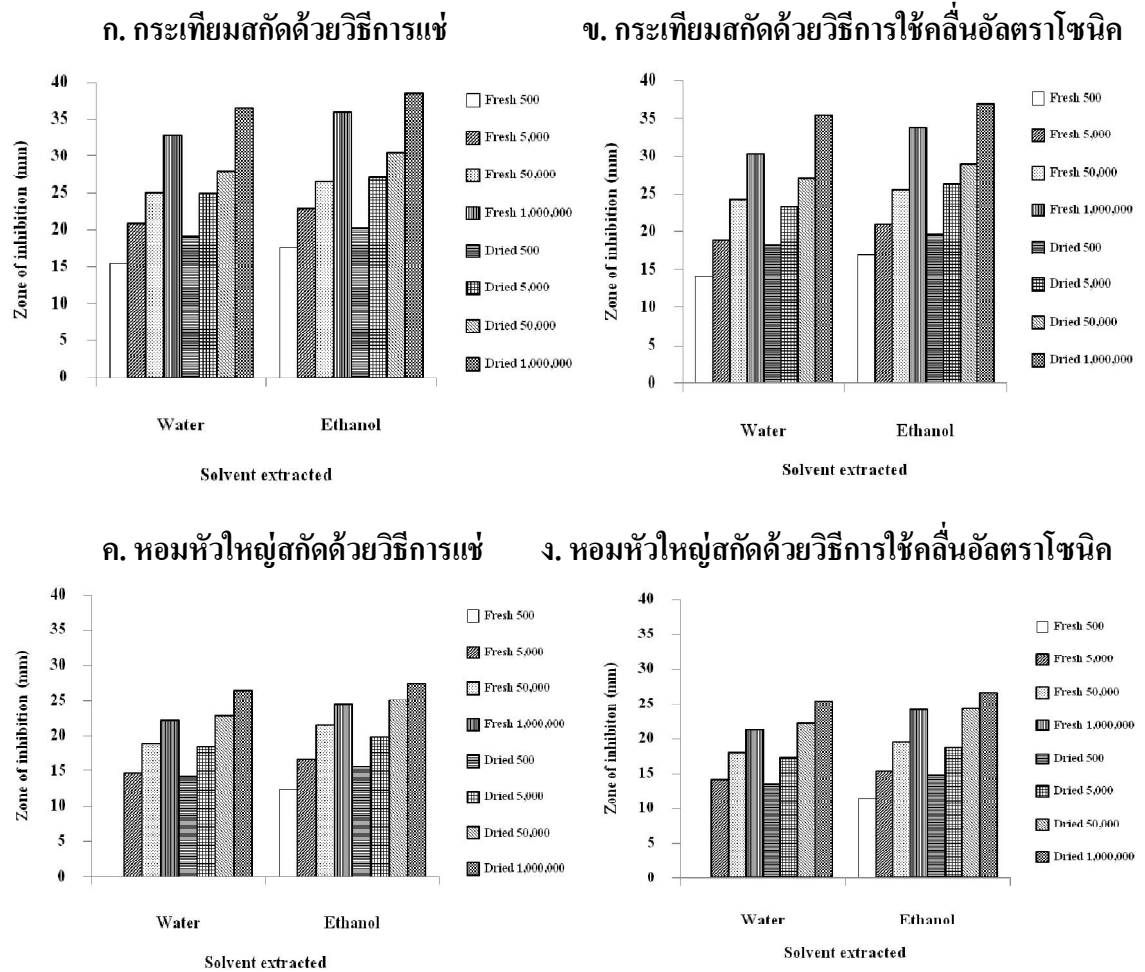
พบว่า สารสกัดกระเทียมมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อ *E. coli* สารสกัดจากหอมหัวใหญ่ และสารสกัดกระเทียมสกัดโดยใช้เอทานอลมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อชนิดนี้สูงที่สุด (รูปที่ 4.6) เช่นเดียวกับ ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* (รูปที่ 4.7) และเชื้อ *Salmonella* sp. (รูปที่ 4.8) ที่พบว่า สารสกัดกระเทียม (สดและแห้ง) ด้วยการแช่หรือการใช้อัลตราโซนิก มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ 2 ชนิดดีกว่าการใช้สารสกัดกระเทียมสกัดโดยวิธีการอื่น ซึ่งสารสกัดหอมหัวใหญ่ทุกวิธีการสกัดให้ผลในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิดต่ำกว่าสารสกัดกระเทียม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารสกัดกระเทียมมีชนิดและปริมาณสารหอมระเหยสูงกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่ ซึ่งสารหอมระเหยที่พบในพืชทั้ง 2 ชนิด เป็นสารประกอบ organosulfur ทั้งหมด การที่พบในปริมาณที่สูงกว่าจึงเป็นเหตุผลที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด ดีกว่า

4.3.7 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในอาหาร (เนื้อหมูบด)

เมื่อนำสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่มาทดสอบในเนื้อหมูบด ผลการทดสอบยืนยันประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 2 ชนิด ซึ่งสารสกัดกระเทียมมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด (*E. coli*, *S. aureus* และ *Salmonella* sp.) สูงกว่าสารสกัดหอมหัวใหญ่ (ไม่แสดงผลข้อมูล)

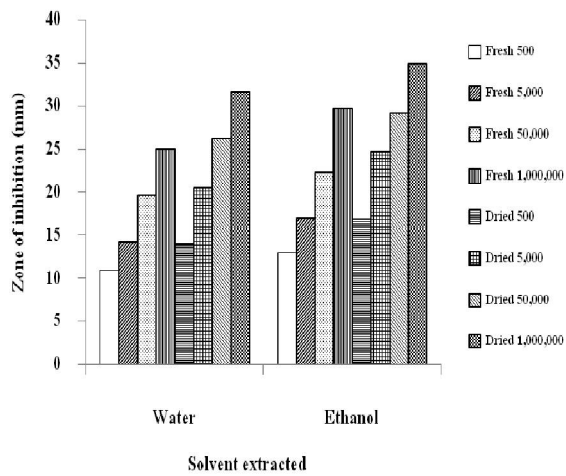


รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *E.coli* ของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำเอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000, 50,000 และ 1,000,000 ppm ด้วยเทคนิค agar well diffusion ก) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการแช่, ข) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก, ค) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการแช่ และ ง) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

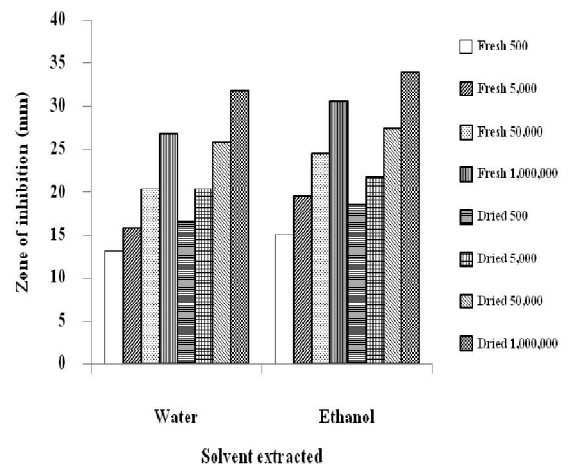


รูปที่ 4.7ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *S.aureus* ของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500 5,000 50,000 และ 1,000,000 ppm ด้วยเทคนิค agar well diffusion ก) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการแช่, ข) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก, ค) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการแช่และ ง) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

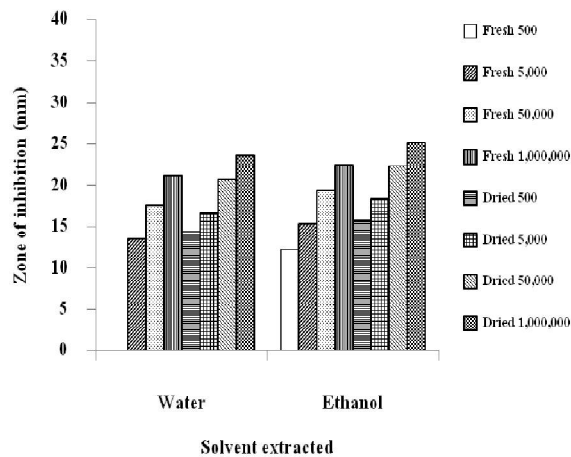
ก. กระเทียมสกัดด้วยวิธีการแช่



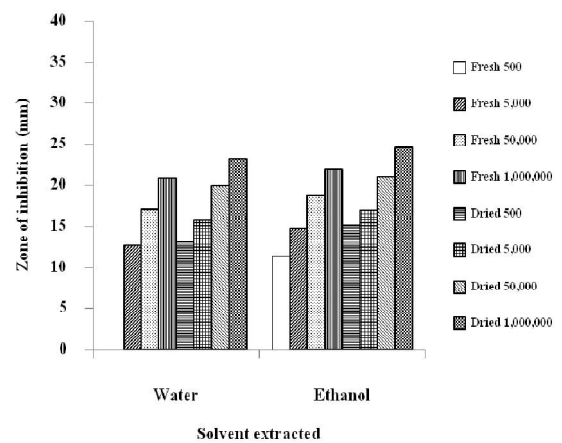
ข. กระเทียมสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก



ค. หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการแช่



ง. หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพการเป็นสารยับยั้งเชื้อ *Salmonella* sp. ของสารสกัดกระเทียมและหอมหัวใหญ่สดและแห้งสกัดด้วยน้ำ เอทานอลโดยวิธีการแช่และการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ความเข้มข้น 500, 5,000, 50,000 และ 1,000,000ppm ด้วยเทคนิค agar well diffusion ก) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการแช่, ข) กระเทียมสกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก, ค) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการแช่และ ง) หอมหัวใหญ่สกัดด้วยวิธีการใช้คลื่นอัลตราโซนิก