



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การพัฒนาผงห่อหุ้มหรือผงเคลือบของน้ำมันหรือ
สารสกัดจากพืชพื้นเมืองไทย”

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ จรรยาประเสริฐ

เมษายน 2554

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การพัฒนาผองห่อหุ้มหรือผองเคลือบของน้ำมันหรือ สารสกัดจากพืชพื้นเมืองไทย”

คณะผู้วิจัย

รศ ดร. วราภรณ์ จรรยาประเสริฐ

สังกัด

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
หัวหน้าโครงการ

ชุดโครงการ “ศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าพืชพื้นเมืองไทย”

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาผงห่อหุ้มหรือผงเคลือบของน้ำมันหรือสารสกัดจากพืชพื้นเมืองไทย” (RDG5220060) ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยและครุภัณฑ์จาก มหาวิทยาลัยมหิดล ร่วมกับ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ฝ่ายเกษตร ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยมหิดล และ สกว. ต่อการสนับสนุนการวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ ศาสตราจารย์นันทวัน บุญยะประสงค์ ผู้อำนวยการโครงการศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าพืชพื้นเมืองไทย ซึ่งเป็นผู้ให้แนวคิดและคำแนะนำต่อการวิจัยระหว่างที่ศึกษาวิจัยขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ รองศาสตราจารย์จันทร์จรัส เรียวเดชะ ศาสตราจารย์คันสนีย์ ไชยโรจน์ รองศาสตราจารย์จุฑามณี สุทธิสีสังข์ และ ดร. สุรรัตน์ ประจักษ์ธรรม ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย และขอขอบคุณคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่เอื้อเฟื้อครุภัณฑ์ อุปกรณ์ และสถานที่ ต่อการวิจัยครั้งนี้

การวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือของคณะผู้วิจัยที่ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์วรภรณ์ จรรยาประเสริฐ หัวหน้าโครงการ และผู้ช่วยวิจัย ได้แก่ นางสาวพิมพ์ชนก จรุงจิต และนางสาวบุญธิดา มระกุล ผู้วิจัยขอขอบคุณศาสตราจารย์นันทวัน บุญยะประสงค์ นางสาวปัทมพรรณ โลมะรัตน์ และนางสาวพนิดา พานทอง ที่ให้ความช่วยเหลือและแนะนำในการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยด้วยวิธี GC-MS ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อมูลจากการวิจัยที่ได้จากโครงการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ผลิตผงห่อหุ้มน้ำมันโหระพาและผงห่อหุ้มน้ำมันกระชาย เพื่อใช้เป็นสารเสริมอาหารสำหรับสัตว์ และอาจใช้เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยให้นักวิจัยและผู้สนใจทั่วไป หรือใช้เป็นข้อมูลประกอบในการผลิตผงห่อหุ้มน้ำมันหอมระเหยในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

พืชพื้นเมืองหลายชนิดมีบทบาทในการช่วยป้องกันและรักษาโรคได้ เช่น โหระพา กระเพรา กระจับปี่ และ พริก เป็นต้น สารสกัดหรือน้ำมันของพืชพื้นเมืองเหล่านี้ถูกใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร และมีรายงานว่าโหระพาและกระชายให้ผลดีต่อการยับยั้งเชื้อบิดในไก่ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะใช้เพื่อเป็นสารเสริมอาหารที่สามารถใช้ทดแทนเพื่อลดการใช้ยาปฏิชีวนะในการป้องกันโรคบิดในไก่ อย่างไรก็ตามน้ำมันเหล่านี้อาจเกิดการเสื่อมสลายด้วยการถูกออกซิไดส์ได้ง่ายจากปัจจัยกระตุ้นภายนอกหรือเกิดระเหยได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศ ดังนั้นการห่อหุ้มหรือการเคลือบจึงอาจช่วยเพิ่มความคงตัว นอกจากนั้นยังช่วยเปลี่ยนรูปน้ำมันจากของเหลวหรือให้อยู่ในรูปผงยาที่มีการไหลที่ดีสะดวกต่อการนำไปใช้ผสมเป็นสารเสริมอาหารสำหรับสัตว์ได้

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาและศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันโหระพา และผงแห้งน้ำมันกระชายที่เตรียมด้วยวิธีพ่นแห้ง การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยต่างเป็นดังนี้ Silica (Sipemat[®] 50) > Ocetnyl succinic anhydride (OSA) > Branch chain maltodextrin (Fiberose[®]) นอกจากนั้นยังพบว่าการใช้การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บสามารถทำได้ด้วยการสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำ:เฮกเซน 4:3 จำนวน 3 รอบ แล้วนำสารสกัดเฮกเซนที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS จากการศึกษาการเตรียมผงแห้งน้ำมันโหระพาและกระชายด้วยวิธีพ่นแห้ง พบว่าการใช้ Fiberose[®] และ OSA ที่ 1:1 เป็นสารห่อหุ้ม และการใช้น้ำมันรำข้าวเป็นสารช่วยในตำรับ เป็นสภาวะที่เหมาะสม ทำให้ได้ผงแห้งที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดีและมีปริมาณกักเก็บน้ำมันที่สูง โดยผงแห้งที่ได้มีลักษณะแห้งร่วน มีการไหลในระดับดีถึงดีมาก และสามารถกักเก็บน้ำมันโหระพาและน้ำมันกระชายได้ 19.34% และ 20.04% ตามลำดับ

การศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันโหระพา ที่อุณหภูมิ 5 °C, 30 °C และ 40 °C ในสภาวะที่บรรจุและไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน นาน 6 เดือน พบว่าผงแห้งน้ำมันโหระพามีความคงตัวไม่เท่ากันขึ้นกับสภาวะของการเก็บรักษา โดยผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C มีกลิ่นของน้ำมันโหระพามากกว่าผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 40 °C พบกลิ่นหืนและผงเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บไว้นานกว่าหนึ่งเดือน ในขณะที่ ผงแห้งที่เก็บรักษาที่สภาวะอื่นๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงจากผงสีขาวเป็นสีเหลืองและมีกลิ่นหืน ในเดือนที่หก ยกเว้นผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C แบบบรรจุก๊าซไนโตรเจนยังคงมีกลิ่นและสีเหมือนกับเดือนแรกๆที่เตรียม เมื่อประเมินการกักเก็บน้ำมันโหระพาในผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาด้วยวิธี GC-MS โดยการใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และ Methyl chavicol เป็น standard marker พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยกักเก็บในผงแห้งน้ำมันโหระพามีปริมาณคงเหลือลดลงตามระยะเวลาและสภาวะที่เก็บรักษา โดยผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เก็บที่ 5 °C มีปริมาณน้ำมันหอมโหระพากักเก็บคงเหลือมากกว่าผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เก็บที่ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ นอกจากนั้น ยังพบว่าผงแห้งที่เก็บด้วยการบรรจุก๊าซไนโตรเจนมีปริมาณน้ำมันโหระพากักเก็บคงเหลืออยู่น้อยกว่าผงแห้งที่ไม่ได้บรรจุก๊าซไนโตรเจน ดังนั้น ผงแห้งน้ำมันโหระพามีความคงตัวทางกายภาพและเคมีที่ดี เมื่อเก็บในสภาวะที่เหมาะสมได้แก่ การเก็บในที่เย็นอุณหภูมิ 5 °C หรือ 30 °C นาน 1 เดือน

การศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชาย ที่อุณหภูมิ 5 °C, 30 °C และ 40 °C ในสภาวะที่บรรจุและไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน นาน 6 เดือน พบว่าผงแห้งน้ำมันกระชายซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 5 °C จะมีความแรงของกลิ่นน้ำมันกระชายมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ และการเก็บที่อุณหภูมิ 40 °C

พบว่าผงแห้งน้ำมันกระชายกลิ่นของน้ำมันกระชายอ่อนลงมากและพบกลิ่นหืนเมื่อเก็บไว้นานกว่าหนึ่งเดือน ขณะที่การเก็บรักษาที่สภาวะอื่นๆ ในเดือนที่หกที่อุณหภูมิ 5 °C และ 30 °C ไม่พบกลิ่นหืนและยังคงมีกลิ่นของน้ำมันกระชายไม่แตกต่างจากผงแห้งที่ผลิตเสร็จใหม่ๆ เมื่อประเมินการกักเก็บน้ำมันกระชายในผงแห้งน้ำมันกระชายโดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันกระชายด้วยวิธี GC-MS ด้วยการใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และ Methyl-cis-cinnamate เป็น standard marker พบว่าผงแห้งน้ำมันกระชายที่เก็บสภาวะอุณหภูมิ 5 °C มีปริมาณน้ำมันกระชายกักเก็บคงเหลือมากที่สุด ตามด้วยผงแห้งที่เก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ และการบรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจน และไม่บรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจนส่งผลต่อความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชายไม่แตกต่างกัน ดังนั้นผงแห้งน้ำมันกระชายจากที่พัฒนาขึ้นนี้มีความคงตัวที่ดีเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 5 °C และ 30 °C เป็นเวลานาน 6 เดือน

บทคัดย่อ

พืชพื้นเมืองหลายชนิดมีบทบาทในการช่วยป้องกันและรักษาโรคได้ และมีรายงานว่าโหราและกระชายให้ผลดีต่อการยับยั้งเชื้อบิดในไก่ สามารถใช้เป็นสารเสริมอาหารเพื่อลดการใช้ยาปฏิชีวนะในการป้องกันโรคบิดในไก่ โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาและศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันโหราและผงแห้งน้ำมันกระชายที่เตรียมด้วยวิธีพ่นแห้ง การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยต่างเป็นดังนี้คือ Silica (Sipernat® 50) > Ocetnyl succinic anhydride (OSA) > Branch chain maltodextrin (Fiberose®) นอกจากนั้นยังพบว่าการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหราที่กักเก็บสามารถทำได้ด้วยการสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำ:เฮกเซน 4:3 จำนวน 3 รอบ แล้วนำสารสกัดเฮกเซนที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS จากการศึกษาการเตรียมผงแห้งน้ำมันโหราและกระชายด้วยวิธีพ่นแห้ง พบว่าการใช้ Fiberose® และ OSA ที่ 1:1 เป็นสารห่อหุ้ม และการใช้น้ำมันรำข้าวเป็นสารช่วยในตำรับ เป็นสภาวะที่เหมาะสม ทำให้ได้ผงแห้งที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดีและมีปริมาณกักเก็บน้ำมันสูง สามารถกักเก็บน้ำมันโหราและน้ำมันกระชายได้ 19.34% และ 20.04% ตามลำดับ การศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันโหราและผงแห้งน้ำมันกระชายทำโดยการเก็บผงแห้งที่อุณหภูมิ 5°C, 30°C และ 40°C ในสภาวะที่บรรจุและไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจนเป็นเวลานาน 6 เดือน และประเมินคุณสมบัติทางกายภาพและวิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บน้ำมันโหราและน้ำมันกระชายด้วยวิธี GC-MS โดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และใช้ Methyl chavicol และ Methyl-cis-cinnamate เป็น standard marker ของน้ำมันโหราและน้ำมันกระชาย ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าผงแห้งน้ำมันโหราและผงแห้งน้ำมันกระชายมีความคงตัวทางกายภาพและเคมีที่ดีเมื่อเก็บในสภาวะที่เหมาะสม โดยสภาวะการเก็บที่เหมาะสมของผงแห้งน้ำมันโหราและผงแห้งน้ำมันกระชาย คือ การเก็บในที่ 5 °C หรือ 30 °C เป็นเวลานาน 1 เดือน และ 6 เดือน ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผงพ่นแห้ง, น้ำมันโหรา, น้ำมันกระชาย, ความคงตัวของผงพ่นแห้ง

Abstract

Indigenous plants play an important role in prevention many diseases. It was reported that sweet basil oil and fingerroot oil have inhibition activity for coccidiosis in chickens which can be used as functional foods for replacement of the use of antibiotics. This project was aimed to develop and study stability of sweet basil oil powder and fingerroot oil powders prepared by spray drying method. From the study of absorptive activity of inert absorptive materials, it showed that the absorption efficiency of materials was in the following order: Silica (Sipernat[®] 50) > Ocetnyl succinic anhydride (OSA) > Branch chain maltodextrin (Fiberose[®]). In addition, amount of sweet basil oil entrapment was successfully determined by extraction of the powders with 4:3 water : hexane for 3 times and analysis by GC-MS. The results also indicated that the good conditions for spray drying were the use of 1:1 Fiberose[®] : OSA as absorptive materials and rice bran oil in the preparation which yielded spray dried powders with good physical appearance and high entrapment efficiency of 19.34% and 20.04% for sweet basil oil and fingerroot oil, respectively. Consequently, the stability of spray dried powders was studied by storage in glass containers with and without N₂ at various temperatures of 5°C, 30°C and 40°C for 6 months. The powders were periodically observed their physical appearance and analyzed the remaining entrapped oil by GC-MS using hexane as a solvent and methyl chavicol and methyl-cis-cinnamate as standard markers for sweet basil oil and fingerroot oil, respectively. The results from the stability study suggested that spray dried powders of sweet basil oil and fingerroot oil were physically and chemically stable when keeping at 5°C or 30°C for 1 month and 6 months, respectively.

Keywords: Spray drying, sweet basil oil, fingerroot oil, stability of spray dried powder

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)	ii
บทคัดย่อ	iv
Abstract	v
สารบัญ	vi
สารบัญรูป	vii
สารบัญตาราง	viii
สัญลักษณ์และคำย่อ	x
เนื้อหางานวิจัย	
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
วิธีดำเนินการทดลอง	3
(1) การศึกษาวิธีวิเคราะห์น้ำมันโหระพา	3
(2) การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วย	7
(3) การศึกษาวิธีการสกัดและวิเคราะห์น้ำมันโหระพาในผงพ่นแห้ง	10
(4) การศึกษาการเตรียมผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วยวิธีพ่นแห้ง	12
(5) การพัฒนาผงแห้งน้ำมันโหระพาโดยการเตรียมด้วยวิธีพ่นแห้งและการศึกษาความคงตัว	19
(6) การพัฒนาผงแห้งน้ำมันกระชายโดยการเตรียมด้วยวิธีพ่นแห้งและการศึกษาความคงตัว	25
สรุปผลการทดลอง	36
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	40
บทความสำหรับเผยแพร่	41
กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลของโครงการไปใช้ประโยชน์	43
ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผน กิจกรรมที่ดำเนินการ และผลที่ได้รับตลอดโครงการ	44

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 1	Chromatogram ของน้ำมันโหระพาจากการวิเคราะห์ด้วย GC-MS	5
รูปที่ 2	Standard curve ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl chavicol และความเข้มข้นของน้ำมันโหระพา	6
รูปที่ 3	ปริมาณน้ำมันโหระพากักเก็บคงเหลือในผงแห้งน้ำมันโหระพาที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS ณ เดือนที่ 1, 2, 3 และ 6	24
รูปที่ 4	Chromatogram ของน้ำมันกระชายจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS	29
รูปที่ 5	Standard curve ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl-cis-cinnamate และความเข้มข้นของน้ำมันกระชาย	30
รูปที่ 6	ปริมาณน้ำมันหอมกระชายกักเก็บคงเหลือในผงแห้งน้ำมันกระชายที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS ณ เดือนที่ 1, 2, 3 และ 6	36

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ค่า Retention time ของ สารที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันโหระพาจากการวิเคราะห์ด้วย GC-MS	5
ตารางที่ 2	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันโหระพาและค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl chavicol (n=3)	6
ตารางที่ 3	เกณฑ์การประเมินการไหลของผงแห้งโดยการวัดการไหลผ่านกรวยแก้ว	7
ตารางที่ 4	เกณฑ์การประเมินการไหลของผงแห้ง	8
ตารางที่ 5	ลักษณะทางกายภาพ คุณสมบัติการไหล และ %LOD ของ physical mixture ระหว่างน้ำมันโหระพาและสารช่วย (Fibrose [®] , OSA และ Sipemat [®] 50) ที่อัตราส่วนต่างๆ	9
ตารางที่ 6	ปริมาณน้ำมันโหระพาที่สกัดจากผงแห้งโหระพาที่ใช้ตัวทำละลายน้ำและเฮกเซนที่อัตราส่วนต่างๆ (n=3)	11
ตารางที่ 7	ปริมาณสารน้ำมันหอมระเหยที่วิเคราะห์จากการสกัดโดยใช้ปริมาณผงแห้งโหระพาที่นำมาสกัดแตกต่างกัน (n=3)	11
ตารางที่ 8	ปริมาณน้ำมันหอมโหระพาที่วิเคราะห์ได้จากการสกัดผงแห้งโหระพา 100 มิลลิกรัม ด้วยน้ำ: เฮกเซน 4:3 จำนวน 7 มิลลิตร ในแต่ละรอบของการสกัด (n=3)	11
ตารางที่ 9	ส่วนประกอบในสารที่ใช้ในการเตรียมผงแห้งโหระพา	13
ตารางที่ 10	ลักษณะทางกายภาพของผงแห้งโหระพา (n=3)	14
ตารางที่ 11	ค่า %LOD ของผงแห้งโหระพา (n = 3)	15
ตารางที่ 12	การประเมินการไหลของผงแห้งโหระพาโดยการวัดการไหลผ่านกรวยแก้ว (n = 3)	16
ตารางที่ 13	การประเมินการไหลของผงแห้งโหระพาโดยการวัด angle of repose (θ) (n=3)	16
ตารางที่ 14	ปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บ (entrapment) ในผงแห้งโหระพาในสูตรต่างๆ (n=3)	18
ตารางที่ 15	ส่วนประกอบสารที่ใช้ในการเตรียมผงแห้งโหระพา	19
ตารางที่ 16	เกณฑ์การประเมินการไหลของผงแห้งโดยการวัดการไหลผ่านกรวยแก้ว	20
ตารางที่ 17	เกณฑ์การประเมินการไหลของผงแห้ง	20
ตารางที่ 18	ลักษณะทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันโหระพาเมื่อเก็บรักษาไว้ที่สภาวะต่างๆ ในเดือนที่ 1, 2, 3 และ 6	22
ตารางที่ 19	ปริมาณน้ำมันหอมระเหยโหระพาคงเหลือในผงแห้งวิเคราะห์ด้วย GC-MS ณ เดือนที่ 1, 2, 3 และ 6 (n=3)	23
ตารางที่ 20	ส่วนประกอบในสารที่ใช้ในการเตรียมผงแห้งกระชายในตำรับต่างๆ	26
ตารางที่ 21	คุณสมบัติของผงแห้งน้ำมันกระชายและสมบัติการไหล (n=3)	28

	หน้า
ตารางที่ 22 ค่า Retention time ของ สารที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันกระชายจากการวิเคราะห์ด้วย GC-MS	29
ตารางที่ 23 ความเข้มข้นของน้ำมันกระชายและค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl-cis-cinnamate	30
ตารางที่ 24 ปริมาณน้ำมันกระชายที่กักเก็บ (entrapment) ในผงพ่นแห้งในตำรับต่างๆ (n=3)	31
ตารางที่ 25 ลักษณะทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันกระชายเมื่อเก็บรักษาไว้ที่สภาวะต่างๆ ในเดือนที่ 1, 2, 3 และ 6	32
ตารางที่ 26 ปริมาณน้ำมันกระชายกักเก็บในผงแห้งน้ำมันกระชายที่วิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS ณ เดือนที่ 1, 2, 3 และ 6 (n=3)	33

สัญลักษณ์และคำย่อ

μm	ไมโครเมตร
mm	มิลลิเมตร
m	เมตร
ppm	หนึ่งในล้าน (part per million)
min	นาที
g	กรัม
%	เปอร์เซ็นต์
°C	องศาเซลเซียส
cps	centripoise
rpm	รอบต่อนาที
ml/min	มิลลิลิตรต่อนาที
GC-MS	Gas Chromatography - Mass Spectroscopy
OSA	Octenyl succinic anhydride starch
DMG	Diacetyl monoglycerol
PGE	Polyglycerol ester
HPMC	Hydroxypropylmethylcellulose
LOD	Loss on drying
θ	angle of repose
N ₂	ก๊าซไนโตรเจน
RH	ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การพัฒนาผงห่อหุ้มหรือผงเคลือบของน้ำมันหรือสารสกัดจากพืชพื้นเมืองไทย”

บทนำ

พืชพื้นเมืองหลายชนิดมีบทบาทในการช่วยป้องกันและรักษาโรคได้ เช่น โหระพา กระเพรา กระชาย และ พริก เป็นต้น สารสกัดหรือน้ำมันของพืชพื้นเมืองเหล่านี้ถูกใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร และมีรายงานว่าประสิทธิภาพของการเป็นสารต้านออกซิเดชันที่สามารถใช้ในการป้องกันหรือเสริมภูมิคุ้มกันโรคได้ จากรายงานโครงการนำร่องเพื่อหารูปแบบที่เหมาะสมของโครงการพัฒนากันบดจากพืชอาหาร ระบุว่าสมุนไพรและเครื่องเทศน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้ยาปฏิชีวนะในการป้องกันโรคปอดในไก่ จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า โหระพา ตะไคร้ และกระชายให้ผลดีต่อการยับยั้งเชื้อปอดในไก่ และได้คัดเลือกโหระพาและกระชาย เพื่อศึกษาหาสารออกฤทธิ์และพัฒนาวิธีวิเคราะห์ต่อไป⁽¹⁾

อย่างไรก็ตาม สารสกัดหรือน้ำมันเหล่านี้ ส่วนใหญ่มีความคงตัวที่ต่ำ เนื่องจากเกิดการเสื่อมสลายด้วยการถูกออกซิไดส์ได้ง่ายจากปัจจัยกระตุ้นภายนอก หรือเกิดระเหยได้ง่ายเมื่อสัมผัสกับอากาศ ทำให้เกิดปัญหาในระหว่างการนำไปใช้ ดังนั้นการห่อหุ้มหรือการเคลือบสารสำคัญเหล่านี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเพิ่มความคงตัวของสารสกัดเหล่านั้น ด้วยการสร้างฟิล์มที่เป็นตัวกั้นระหว่างผงยาไม่ให้สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมภายนอก ซึ่งช่วยป้องกันการเสื่อมสลายจากสิ่งกระตุ้น เช่น ออกซิเจน ความชื้น และแสง ทั้งยังช่วยหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับสารอื่นที่อยู่ร่วมด้วยเมื่อนำไปใช้ในการผสมสารอื่น นอกจากนั้นกระบวนการห่อหุ้มอาจใช้ในวัตถุประสงค์อื่น เช่น ใช้เพื่อช่วยในการเปลี่ยนรูปร่างของสารสกัดของเหลวหรือให้อยู่ในรูปผงยาที่มีการไหลที่ดี หรือเพื่อควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญ เป็นต้น⁽²⁻⁴⁾

โดยทั่วไป ประสิทธิภาพของการห่อหุ้มและการควบคุมการปลดปล่อยของผงยาห่อหุ้มหรือผงเคลือบนี้ขึ้นอยู่กับ ส่วนประกอบและโครงสร้างของผนังหุ้ม และยังขึ้นกับปัจจัยต่างๆที่ใช้ระหว่างการเตรียมและการนำไปใช้ เช่น อุณหภูมิ pH ความดัน และความชื้น ผนังกันนี้สามารถเตรียมจากสารที่มีลักษณะเป็นสายโซ่ยาวที่สามารถสร้างเป็นโครงตาข่าย ซึ่งอาจมีสมบัติในการชอบหรือไม่ชอบน้ำก็ได้ นอกจากนั้นความสามารถในการไหลของผงยาอาจขึ้นอยู่กับสมบัติของสารสร้างผนัง และปริมาณสารสร้างผนังที่คงเหลืออยู่ซึ่งไม่สัมผัสที่ผิวของผงยา⁽⁵⁾ โดยทั่วไปสารที่ใช้ในการห่อหุ้ม ได้แก่ โปรตีน (เช่น นม หรือเจลาติน) กัม (เช่น อะเคเซีย หรืออัลจิเนต) คาร์โบไฮเดรต (เช่น ซูโครส maltodextrin, modified starch, cyclodextrin, cellulose) ไขมัน แวกซ์ เลซิธิน (ที่ใช้เป็น emulsifiers) และ โฟบอร์ เป็นต้น ปัจจัยสำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้น ระหว่างกระบวนการห่อหุ้มและระหว่างกระบวนการเก็บรักษา

กระบวนการห่อหุ้มสามารถทำได้หลายวิธีการ โดยทั่วไปการใช้วิธีพ่นแห้ง (spray drying) เป็นวิธีที่ง่ายและนิยมใช้อย่างแพร่หลายมากที่สุด ในการทำให้เกิดผงแห้งที่มีสารสำคัญกระจายตัวในเมทริกซ์ของสารช่วย⁽⁵⁾ ในกรณีของอิมัลชัน สารสร้างผนังจะทำหน้าที่เป็นตัวเสริมความคงตัว (stabilizer) และทำให้อิมัลชันที่ใช้พ่นแห้งสามารถกระจายตัวได้ง่ายในน้ำ โดยปกติส่วนของน้ำมันที่เคลือบบนผิวที่ถูกล้อมหุ้มจะมีปริมาณต่ำและไม่ค่อยมีผลกระทบต่ออายุคุณภาพ (shelf life) ของผงยา⁽⁶⁾ ตัวอย่างของการห่อหุ้ม ได้แก่ น้ำมันปลาที่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวระดับสูง ซึ่งสามารถยึดติดได้บนเมทริกซ์ของแข็งของคาร์โบไฮเดรต เช่น

modified starch, maltodextrin และ cyclodextrin⁽⁷⁾ การห่อหุ้มสารสกัดจากพืชที่มีกลิ่นและเป็นของเหลวสามารถทำได้ด้วยการผสมสารสกัด (เช่น สารสกัดกระเทียม) ด้วย สารละลายอะเคเซียที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 หลังจากการปั่นผสมเป็นเนื้อเดียวกันจึงทำการพ่นแห้งส่วนผสมของเหลวที่ต้องการห่อหุ้มนี้ มีรายงานว่า การห่อหุ้มด้วยการพ่นแห้งของเม็ดสีคาโรทีนอยด์ (carotenoids) ในเจลาตินหรือ แป้ง ด้วยซูโครสช่วยป้องกันการเสื่อมสลายได้⁽⁸⁾ โดยทั่วไป ผงแห้งจากการพ่นแห้งมีขนาดอนุภาคระหว่าง 10-100 ไมโครเมตร ซึ่งอาจมีการเกาะติดหรือกลับมามีความชื้นได้ยาก ดังนั้นอาจเติมสารช่วยติด (anticaking agent) เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการไหลของผง เช่น การเติม silica 2% เพื่อลดการเกาะติดของ butter oil ที่ห่อหุ้มใน lactose, sucrose และ all purpose flour⁽⁹⁾

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาผงแห้งห่อหุ้มหรือผงเคลือบของสารสกัดจากพืชพื้นเมือง เช่น โหระพา และกระชาย ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันโรคและยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในไก่ เพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่นำไปใช้ได้สะดวก และมีความคงตัวที่ดี เพื่อนำไปใช้ในการเป็นสารเสริมอาหารต่อไป ผลการวิจัยนี้ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงแห้งห่อหุ้มของสารสกัดพืชพื้นเมืองที่มีลักษณะ คุณภาพ และความคงตัวที่ดี อันเป็นการส่งเสริมการใช้พืชพื้นเมืองต่อการเป็นสารป้องกันโรค อันเป็นการเพิ่มมูลค่าของพืชพื้นเมือง และเป็นประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการโครงการ

1. เพื่อพัฒนาผงแห้งห่อหุ้มหรือผงเคลือบของสารสกัดจากพืชพื้นเมือง เช่น น้ำมันโหระพา และน้ำมันกระชาย ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันโรค เพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่นำไปใช้ได้สะดวกในการนำไปใช้เป็นสารเสริมอาหาร
2. เพื่อศึกษาความคงตัวผงแห้งของโหระพาและกระชาย เพื่อให้ได้เป็นข้อมูลต่อการเก็บรักษา และการกำหนดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์

วิธีดำเนินการทดลอง

สารเคมี

น้ำมันโหระพา (Sweet Basil Oil, Thai China Flowers and Fragrances Industry, Thailand)
น้ำมันกระชาย (Fingerroot oil, Thai China Flowers and Fragrances Industry, Thailand)
Branch chain maltodextrin (Fiberose[®], บริษัท อุตสาหกรรมแป้งมันบ้านโป่ง ราชบุรี ประเทศไทย)
Octenyl succinic anhydride starch (OSA, บริษัท อุตสาหกรรมแป้งมันบ้านโป่ง ราชบุรี ประเทศไทย)
Silica (Sipernat[®] 50, Dedussa, Germany)
Sunflower oil (บริษัท น้ำมันพืชไทยจำกัด ตราอรุณ ประเทศไทย)
Rice Bran oil (ตราคิง บริษัท น้ำมันบริโภคไทย สมุทรปราการ ประเทศไทย)
Diacetyl monoglycerol (DMG, Danisco, Denmark)
Polyglycerol ester (PGE, Danisco, Denmark)
Lecithin (Cagill, Minneapolis, MN, USA)
Hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) low viscosity 15 cps (Methocel[®] E15, The DowChemical Company, Michigan, USA)
Hexane GLC grade (Fisher Scientific, UK)
Sterile water (Thai Nakorn Patana, Bangkok Thailand)

อุปกรณ์

Homogenizer (IKA[®] T25 Digital Ultra Turrax[®], IKA, Germany)
GC-MS (Gas chromatograph mass spectrometer GC-2010-Shimadzu, Japan)
Column capillary GC ZB-5 MS 30 m x 0.25 mm x 0.25 μ m (Agilent, USA)
Vortex mixer (VM-300, Gemmy Industrial Cooperation, USA)
Centrifugator (Centrifuge 5403 eppendorf, Germany)
Spray dryer (Buchi mini Spray Dryer B290, Switzerland)

วิธีการทดลอง

(1) การศึกษาวิธีวิเคราะห์น้ำมันโหระพา

ศึกษาแนวทางในการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันโหระพาด้วยวิธี Gas Chromatography – Mass Spectrophotometry (GC-MS) โดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และใช้ methyl chavicol เป็น standard marker และเตรียมกราฟมาตรฐาน (standard curve) ของน้ำมันโหระพา ด้วยการเตรียมน้ำมันโหระพาในเฮกเซนที่ความเข้มข้น 5, 10, 20, 30, 40 ppm วิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS คำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl chavicol และสร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) ระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันโหระพา และค่าพื้นที่ใต้กราฟของ methyl chavicol

สำหรับ conditions ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย GC-MS เป็นดังนี้

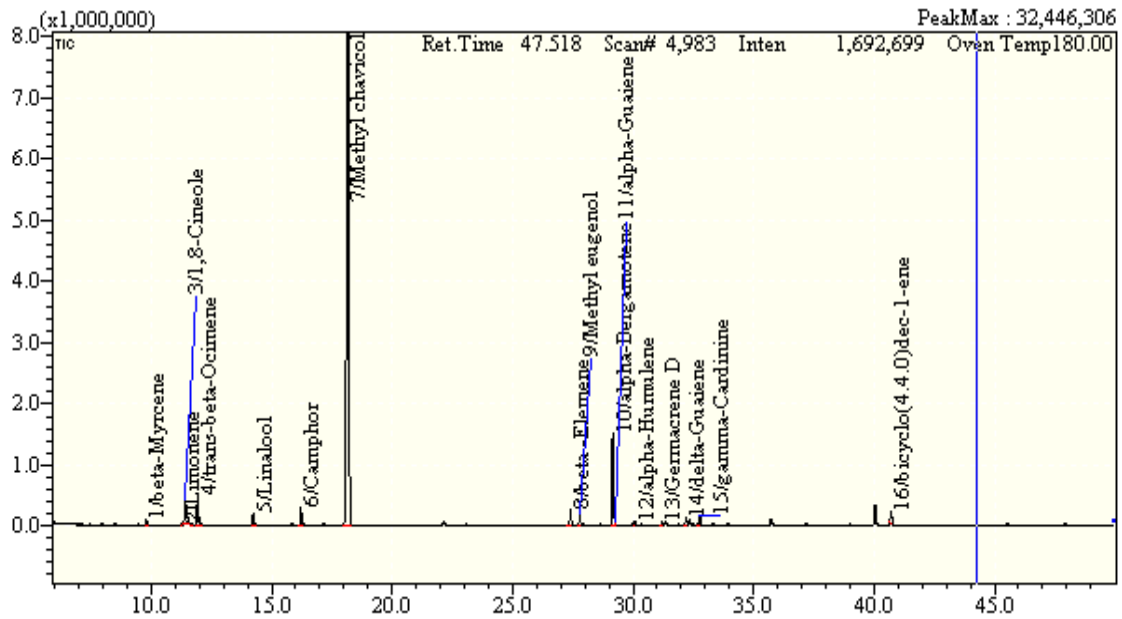
- การวิเคราะห์ด้วย GC-MS ในโหมด Electron Impact (EI)
- เครื่องมือ: GC-2010-Shimadzu (Shimadzu, Japan)
- Capillary column GC ZB-5 MS 30 m x 0.25 mm x 0.25 μ m
- ก๊าซตัวพา คือ Helium อัตราการไหลของ 0.68 ml / min, Splitless
- อุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้
 - Injection temperature 200 °C
 - Ion source temperature (MS) 200 °C
 - Interface temperature 250 °C
- Oven temperature gradient ดังนี้

Rate (°C/min)	Temperature (°C)	Hold time (min)
-	60	3
4.0	91	0
0.5	92	0
5.0	115	0
0.5	118	0
5.0	145	0
0.1	146	0
5.0	180	5

ผลการทดลอง

รูปที่ 1 แสดง GC-MS chromatogram ของน้ำมันโหระพา แสดงให้เห็น peak ของสารต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันโหระพา ตารางที่ 1 แสดงค่า retention time ของ peak สารที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันโหระพา พบว่า peak ของ methyl chavicol ซึ่งใช้เป็น marker ในการวิเคราะห์น้ำมันโหระพานี้มี retention time เท่ากับ 18.158 นาที

ตารางที่ 2 แสดงค่าพื้นที่ใต้กราฟของ methyl chavicol ที่วิเคราะห์ในน้ำมันโหระพาที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน และเมื่อค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) ระหว่างค่าพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl chavicol และ ความเข้มข้นของน้ำมันโหระพา พบว่าได้กราฟเส้นตรงที่มีค่า $r^2 = 0.9987$ ตามที่แสดงให้เห็นในรูปที่ 2



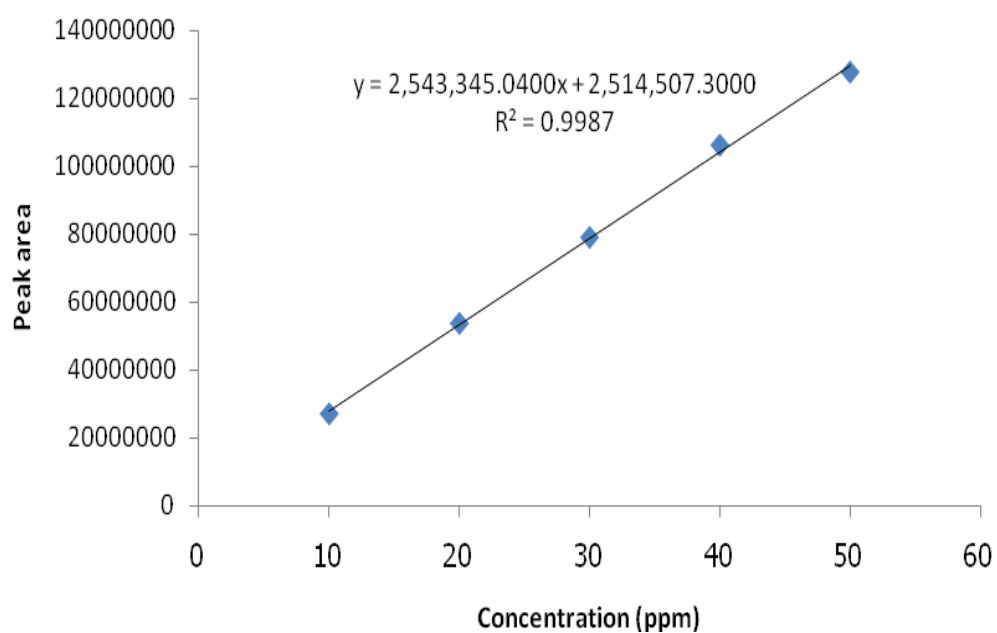
รูปที่ 1 Chromatogram ของน้ำมันโหระพาจากการวิเคราะห์ด้วย GC-MS

ตารางที่ 1 ค่า Retention time ของ สารที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันโหระพาจากการวิเคราะห์ด้วย GC-MS

Peak	Name	Retention time (min)	% Peak area
1	beta-Myrcene	9.783	0.24
2	d-Limonene	11.283	0.09
3	1,8-Cineole	11.425	1.72
4	trans-beta-Ocimene	11.925	1.58
5	Linalool	14.233	0.62
6	Camphor	16.217	0.88
7	Methyl chavicol	18.158	88.34
8	beta-Elementene	27.417	0.66
9	Methyl Eugenol	27.783	0.44
10	alpha-Bergamotene	29.158	3.53
11	alpha-Guaiene	29.258	0.15
12	alpha-Humulene	30.083	0.13
13	Germacrene D	31.208	0.17
14	delta-Guaiene	32.208	0.36
15	gamma-Cadinene	32.767	0.51
16	bicyclo(4.4.0) dec-1-ene	40.717	0.6

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันโหระพาและค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl chavicol (n=3)

ความเข้มข้นของน้ำมันโหระพา (ppm)	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl chavicol
50	127889135.5
40	106326235.5
30	79117943.0
20	53711954.5
10	27029024.0



รูปที่ 2 Standard curve ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl chavicol และความเข้มข้นของน้ำมันโหระพา

(2) การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วย

การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยที่ใช้ในการเตรียมผงแห้งน้ำมันโหระพา ด้วยการผสมน้ำมันโหระพาและสารช่วยในอัตราส่วนต่างๆกัน และประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ การไหล และความชื้นของผงแห้งที่ได้ ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นต่อประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยชนิดต่างๆ

วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วยวิธี Physical mixing

เตรียมผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วยวิธี Physical mixing (Physical mixture) โดยการบดผสมน้ำมันโหระพาและสารช่วย (Fibrose[®], OSA และ Sipernat[®] 50) ที่อัตราส่วนต่างๆในโถรง

2.2 การประเมินคุณสมบัติของผงแห้งน้ำมันโหระพา

ประเมินลักษณะทางกายภาพ คุณสมบัติการไหล และความชื้นของ Physical mixture ที่ได้ดังต่อไปนี้

2.2.1 การตรวจสอบลักษณะภายนอกของผงแห้งน้ำมันโหระพา

ตรวจสอบลักษณะภายนอกของผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เตรียมได้ด้วยตาเปล่า โดยการสังเกต สี กลิ่น ลักษณะของผง และการเกาะกันของผงแห้งน้ำมันโหระพา

2.2.2 การประเมิน %LOD ของผงแห้งน้ำมันโหระพา⁽¹⁰⁾

ประเมินความชื้นและสารระเหยในผงแห้งด้วยการหา Loss on drying (LOD) โดยการชั่งน้ำหนักผงแห้งก่อนและหลังการอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลานาน 2 ชั่วโมง แล้วคำนวณค่า %LOD ดังนี้

$$\% \text{ LOD} = \frac{\text{น้ำหนักสารก่อนอบ (g)} - \text{น้ำหนักสารหลังอบ (g)}}{\text{น้ำหนักสารก่อนอบ (g)}} \times 100$$

2.2.3 การวัดการไหล (Flowability) ของผงแห้งน้ำมันโหระพา^(11,12)

(1) การวัดการไหลผ่านกรวยแก้วที่มีรูเปิดขนาดต่างๆกัน

ใส่ผงแห้งในกรวยแก้วที่มีความสูง 80 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 38 มิลลิเมตร และมีความกว้างของรูเปิดต่างๆกัน ได้แก่ 2.5, 5, 8, 12 และ 18 มิลลิเมตร ประเมินคุณสมบัติการไหลของสารตามเกณฑ์ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินการไหลของผงแห้งโดยการวัดการไหลผ่านกรวยแก้ว⁽¹³⁾

กรวยแก้วลำดับที่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเปิดกรวยแก้ว (mm)	การประเมินการไหลของผงแห้งผ่านรูเปิดของกรวยแก้ว
1	2.5	ดีมาก
2	5	ดี
3	8	ดีพอใช้
4	12	พอใช้
5	18	ไม่ดี
ไม่สามารถผ่านกรวยแก้วลำดับที่ 5		ไหลไม่ได้

(2) การวัดค่า angle of repose (θ)

ค่อยๆ เทผงแห้งน้ำมันโหระพาลงในกรวยขนาดสูง 80 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 38 มิลลิเมตร และมีความกว้างการไหลของรูเปิดขนาด 18 มิลลิเมตร ที่วางอยู่ในระยะความสูง 2 เซนติเมตรจากพื้น จนได้กองผงแห้งบนพื้นเป็นรูปโค้ง วัดความสูง (H) และรัศมี (R) ของกองผงแห้งที่พื้นดังกล่าว แล้วคำนวณค่า angle of repose (θ) จาก

$$\tan \theta = H/R$$

เกณฑ์การประเมินดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินการไหลของผงแห้ง⁽¹²⁾

ค่า θ	การประเมินการไหลของผงแห้ง
$\theta < 10^\circ$	ไหลตามอากาศเป็นฝุ่นผง (Aerated)
$10^\circ < \theta < 30^\circ$	ไหลได้ดีมาก (Excellent flowing)
$30^\circ < \theta < 45^\circ$	ไหลได้ดี (Free-flowing)
$45^\circ < \theta < 60^\circ$	ไหลได้ปานกลาง (Fairly free-flowing)
$60^\circ < \theta$	ไหลยากหรือไม่ไหล (Cohesive, non-flowing)

ผลการทดลอง

ผลการทดลองอัตราส่วนที่เหมาะสม ลักษณะทางกายภาพ คุณสมบัติการไหล และความชื้นของ physical mixture ของน้ำมันโหระพาและสารช่วย 3 ชนิด (Fibrose[®], OSA และ Sipernat[®] 50) เป็นไปตามตารางที่ 5

การทดลองนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำมันโหระพาของสารช่วยทั้ง 3 ชนิด เพื่อประเมินประสิทธิภาพการดูดซับเบื้องต้นเพื่อเป็นข้อมูลต่อการทำ encapsulation ในขั้นตอนต่อไป จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากขึ้นสารช่วยต่างชนิดกันสามารถดูดซับน้ำมันหอมระเหยไว้ได้จนถึงระดับหนึ่งเท่านั้น โดย Sipernat[®] 50 มีความสามารถในการดูดซับน้ำมันโหระพาได้มากที่สุดถึง 70 % รองลงมาได้แก่ OSA ดูดซับได้ 35 % และ Fibrose[®] ดูดซับได้ 25 % ตามลำดับ ดังนั้นประสิทธิภาพการดูดซับน้ำมันโหระพาของสารช่วยเรียงลำดับได้ ดังนี้คือ Sipernat[®] 50 > OSA > Fibrose[®] อย่างไรก็ตามผงแห้งน้ำมันโหระพาที่อัตราส่วนน้ำมันโหระพาส่งสูงนี้ มีกลิ่นของน้ำมันหอมระเหยรุนแรง และผงเกาะกลุ่มกันมีลักษณะค่อนข้างแฉะ การไหลไม่ดีนัก ดังนั้นผงแห้งน้ำมันโหระพาที่มีลักษณะกายภาพที่ดี ควรมีน้ำมันโหระพาที่ความเข้มข้นที่สูงไม่เกิน 60 % ใน Sipernat[®] 50, 25 % ใน OSA หรือ 15% ใน Fibrose[®]

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่า % Loss on drying (%LOD) สอดคล้องกับปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ใช้เตรียมผสมกับสารช่วย ดังนั้น ค่า %LOD อาจใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการคาดประมาณปริมาณน้ำมันโหระพาที่อยู่ในผงแห้ง อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เป็น Physical mixture สามารถเตรียมได้ง่ายด้วยการผสม

น้ำมันเข้ากับสารช่วยโดยตรง แต่ลักษณะทางกายภาพของผงแห้งยังไม่เหมาะสมดังที่กล่าวแล้ว ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาตำรับผงแห้งน้ำมันโหระพาต่อไป เพื่อให้ได้ผงแห้งที่มีการไหลที่ดี คุณลักษณะทางกายภาพน่าใช้ และมีความคงตัวดี

ตารางที่ 5 ลักษณะทางกายภาพ คุณสมบัติการไหล และ %LOD ของ physical mixture ระหว่างน้ำมันโหระพาและสารช่วย (Fibrose[®], OSA และ Sipernat[®] 50) ที่อัตราส่วนต่างๆ

Physical mixture	อัตราส่วน	ลักษณะทางกายภาพ (การเกาะกันของผงยา, สี, กลิ่น)	คุณสมบัติการไหล		%LOD (n=3)
			การผ่านกรวยแก้ว	Angle of repose	
น้ำมัน โหระพา : Fibrose [®]	15:85	ผงละเอียดสีขาว กลิ่นน้ำมันโหระพาอ่อนๆ	5 (ไม่ดี)	Fairly free-flowing	16.73 ± 0.21
	20:80	ผงเกาะกันเล็กน้อย สีขาวอมเหลืองกลิ่นน้ำมันโหระพาอ่อนๆ	5 (ไม่ดี)	Fairly free-flowing	19.62 ± 0.18
	25:75	ผงค่อนข้างแฉะและเกาะกัน สีเหลืองอ่อนๆ กลิ่นน้ำมันโหระพาค่อนข้างมาก	5 (ไม่ดี)	Fairly free-flowing	22.28 ± 0.27
น้ำมัน โหระพา : OSA	25:75	ผงละเอียดสีขาว กลิ่นน้ำมันโหระพาอ่อนๆ	4 (พอใช้)	Free-flowing	24.33 ± 0.32
	30:70	ผงเกาะกันเล็กน้อย สีขาวอมเหลืองกลิ่นน้ำมันโหระพาอ่อนๆ	4 (พอใช้)	Free-flowing	27.76 ± 0.20
	35:65	ผงค่อนข้างแฉะและเกาะกัน สีเหลืองอ่อนๆ กลิ่นน้ำมันโหระพาค่อนข้างมาก	4 (พอใช้)	Free-flowing	33.80 ± 1.00
น้ำมัน โหระพา : Sipernat [®] 50	60:40	ผงละเอียดสีขาว กลิ่นน้ำมันโหระพาอ่อนๆ	4 (พอใช้)	Free-flowing	53.61 ± 0.25
	65:35	ผงละเอียดสีขาวกลิ่นน้ำมันโหระพาอ่อนๆ	5 (ไม่ดี)	Free-flowing	56.92 ± 0.16
	70:30	ผงค่อนข้างแฉะและเกาะกัน สีขาวอมเหลือง กลิ่นน้ำมันโหระพาค่อนข้างมาก	5 (ไม่ดี)	Free-flowing	61.02 ± 0.03

(3) การศึกษาวิธีการสกัดและวิเคราะห์น้ำมันโหระพาในผงพ่นแห้ง

การศึกษาวิธีสกัดน้ำมันโหระพาจากผงพ่นแห้งโหระพาที่เตรียมโดยวิธีการ spray dry ด้วย Fibrose® และ OSA (1:1) เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สามารถสกัดน้ำมันโหระพาออกจากผงพ่นแห้งให้มากที่สุด ทั้งนี้เพื่อใช้ในการคำนวณค่าปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บ (entrapment) ในผงพ่นแห้ง

วิธีการทดลอง

ผสมผงพ่นแห้งโหระพาที่เตรียมจาก Fibrose® และ OSA ในตัวทำละลายผสมระหว่างน้ำและเฮกเซน 7 มิลลิลิตร (เติมน้ำก่อน แล้วเติมเฮกเซน) บั่นผสมด้วย vortex นาน 5 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 4000 rpm เป็นเวลา 20 นาที ที่ 25 ° C ดูดชั้น เฮกเซน นำไปวิเคราะห์ด้วย GC-MS คำนวณหาปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บ (entrapment) ในผงพ่นแห้งได้ดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละปริมาณน้ำมันโหระพาในผงพ่นแห้ง} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำมันโหระพาที่สกัดได้} \times 100}{\text{น้ำหนักผงพ่นแห้งโหระพาที่นำมาสกัด}}$$

ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัด ได้แก่

- อัตราส่วนตัวทำละลายผสมระหว่างน้ำและเฮกเซน (1:6, 2:5, 3:4, 4:3, 5:2, 6:1)
- ปริมาณผงพ่นแห้งโหระพา (10, 100, 200 มิลลิกรัม)
- จำนวนรอบของการสกัด (1, 2, 3, 4 รอบ)

ผลการทดลอง

จากการทดลองเบื้องต้นของการสกัดผงพ่นแห้งโหระพาด้วยตัวทำละลายผสมน้ำผสมเฮกเซน (2:5) และ เฮกเซนอย่างเดียว พบว่าการใช้เฮกเซนอย่างเดียวไม่สามารถสกัดน้ำมันโหระพาจากผงพ่นแห้งได้ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) ทั้งนี้อาจเป็นเนื่องจากผงพ่นแห้งโหระพามีส่วนผสมของแป้ง ซึ่งอาจต้องใช้ น้ำ เพื่อให้เกิดการเปียกของแป้งก่อน จึงจะสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้ นอกจากนั้นยังพบว่าการผสมผงพ่นแห้งกับตัวทำละลายด้วยการเขย่าด้วยมือ หรือ sonication หรือ vortex ก่อนนำไปปั่นแยกด้วยวิธี centrifugation นั้น ได้ปริมาณน้ำมันโหระพาที่สกัดได้ใกล้เคียงกัน โดยวิธี vortex จะให้ปริมาณน้ำมันโหระพาที่สกัดได้สูงกว่าวิธีอื่นเล็กน้อย (ไม่ได้แสดงข้อมูล) จึงเลือกใช้การ vortex ในการบั่นผสมผงพ่นแห้งโหระพากับตัวทำละลายในการทดลองต่อไป

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณน้ำมันโหระพาที่สกัดจากผงพ่นแห้งโหระพาที่ใช้ตัวทำละลายน้ำและเฮกเซนที่อัตราส่วนต่างๆ พบว่าการสกัดด้วย น้ำ:เฮกเซน 4:3 ให้ % น้ำมันโหระพาในผงพ่นแห้งที่สูงที่สุด ตารางที่ 7 แสดงค่าปริมาณน้ำมันโหระพาที่สกัดและวิเคราะห์ได้จากการสกัดด้วย น้ำ:เฮกเซน 4:3 โดยการใช้ปริมาณผงพ่นแห้งโหระพาที่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อใช้ปริมาณผงพ่นแห้งโหระพา 10 และ 100 มิลลิกรัม สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยออกมาได้ปริมาณใกล้เคียงกันโดยที่ปริมาณ 100 มิลลิกรัมสกัดได้มากกว่าเล็กน้อย แต่การเพิ่มปริมาณผงพ่นแห้งโหระพาเป็น 200 มิลลิกรัม ทำให้ได้ % น้ำมันโหระพาในผงพ่นแห้งที่ต่ำที่สุด นอกจากนั้นเมื่อวิเคราะห์ด้วยการสกัดซ้ำหลายรอบ ด้วยการดูดชั้นเฮกเซนออกให้หมด และเติมเฉพาะตัวทำละลายเฮกเซนใหม่จำนวน 3 มิลลิลิตรในรอบต่อไป ผลการทดลองแสดงให้เห็นในตารางที่ 8 พบว่าการสกัดในรอบที่ 4 เหลือน้ำมันโหระพาน้อยมากเพียง 0.21% ดังนั้นจึงควรใช้การสกัดรวม 4 รอบในการสกัดน้ำมันโหระพาจากผงพ่นแห้ง

ตารางที่ 6 ปริมาณน้ำมันโระพาที่สกัดจากผงพ่นแห้งโระพาที่ใช้ตัวทำละลายน้ำและเฮกเซนที่อัตราส่วนต่าง ๆ (n=3)

วิธีที่	ปริมาณผงพ่นแห้งโระพา (มิลลิกรัม)	อัตราส่วนน้ำ:เฮกเซน	% น้ำมันโระพาในผงพ่นแห้ง
1	100	1 : 6	14.57 ± 1.43
2	100	2 : 5	14.97 ± 0.37
3	100	3 : 4	14.06 ± 0.96
4	100	4 : 3	18.38 ± 1.44
5	100	5 : 2	16.07 ± 1.03
6	100	6 : 1	16.34 ± 0.84

ตารางที่ 7 ปริมาณสารน้ำมันหอมระเหยที่วิเคราะห์จากการสกัดโดยใช้ปริมาณผงพ่นแห้งโระพาที่นำมาสกัดแตกต่างกัน (n=3)

วิธีที่	อัตราส่วนน้ำ:เฮกเซน	ปริมาณผงพ่นแห้ง โระพา (มิลลิกรัม)	% น้ำมันโระพาในผงพ่นแห้ง
1	4:3	10	18.24 ± 1.65
2	4:3	100	18.38 ± 0.46
3	4:3	200	16.00 ± 0.39

ตารางที่ 8 ปริมาณน้ำมันหอมโระพาที่วิเคราะห์ได้จากการสกัดผงพ่นแห้งโระพา 100 มิลลิกรัม ด้วยน้ำ:เฮกเซน 4:3 จำนวน 7 มิลลิตร ในแต่ละรอบของการสกัด (n=3)

รอบของ การสกัด	% น้ำมันโระพาในผงพ่นแห้ง (ในแต่ละรอบของการสกัด)
1	25.66 ± 0.02
2	4.78 ± 0.52
3	0.93 ± 0.13
4	0.21 ± 0.07

จากการทดลองนี้ สรุปได้ว่าวิธีการสกัดเพื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาในผงพ่นแห้งที่เหมาะสม คือ การใช้สารตัวอย่างผงพ่นแห้งโหระพา 10 - 100 มิลลิกรัม สกัดด้วย น้ำ:เฮกเซน 4: 3 จำนวน 7 มิลลิลิตร โดยการปั่นโดยใช้ vortex เป็นเวลานาน 5 นาที นำไป centrifuge ที่ 4000 rpm นาน 20 นาที และทำการสกัดซ้ำทั้งหมด 4 รอบ และนำสารละลายเฮกเซนไปวิเคราะห์ด้วย GC-MS การศึกษาในขั้นตอนนี้ทำให้ได้แนวทางในการใช้เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บ (drug entrapment) ในผงพ่นแห้งโหระพาที่จะพัฒนาในขั้นตอนต่อไป

(4) การศึกษาการเตรียมผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วยวิธีพ่นแห้ง

การศึกษาศึกษาการเตรียมผงพ่นแห้งโหระพาด้วยวิธีการ spray dry น้ำมันโหระพาร่วมกับสารช่วย 3 ชนิด ได้แก่ Fibrose®, OSA และ Sipernat® 50 และโดยการ spray ร่วมกับ HPMC เพื่อห่อหุ้มผงแห้งน้ำมันโหระพา และประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของผงพ่นแห้งโหระพา เพื่อเปรียบเทียบหาวิธีการที่เหมาะสมในการพ่นแห้งเพื่อให้ได้ผงพ่นแห้งโหระพาที่มีปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บ (entrapment) มากที่สุด

วิธีการทดลอง

4.1 การเตรียมผงพ่นแห้งโหระพา

เติมสารช่วย (Fibrose®, OSA หรือ Sipernat® 50) ใน purified water คนจนกระจายตัวเข้ากันดี (ตำรับที่มี HPMC ทำการละลาย HPMC ด้วย purified water และนำมาผสมรวมกับสารละลายข้างต้นนี้) ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70°C แยกผสม sunflower oil, DMG, PGE และ lecithin เข้าด้วยกัน และให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70°C จน DMG ละลายหมด เติมน้ำมันโหระพาผสมให้เข้ากันสารละลายน้ำมัน เติมสารละลายน้ำมันที่ได้ลงในสารละลายน้ำของสารช่วย บดผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง homogenizer ใช้ความเร็วรอบ 12,000 rpm 2 รอบๆละ 3 นาที นำ emulsion ที่ได้ไปทำการ spray dry โดยกำหนดสภาวะในการทำงานของเครื่อง spray dryer ดังนี้ air inlet temperature 210°C, outlet temperature 85°C และ flow rate 24-68 ml/min

ส่วนประกอบของผงพ่นแห้งโหระพาที่เตรียมจำนวน 8 ตำรับ มีส่วนประกอบต่างๆ ตามที่ได้แสดงให้เห็นในตารางที่ 9

4.2 การประเมินคุณสมบัติของผงพ่นแห้งโหระพา

4.2.1 การตรวจสอบลักษณะภายนอกผงพ่นแห้งโหระพา

ทำการทดสอบตามข้อ 2.2.1

4.2.2 การประเมิน %LOD ของผงพ่นแห้งโหระพา

ด้วยการหาค่า % LOD ตามข้อ 2.2.2

4.2.3 การวัดการไหล (Flowability) ของผงพ่นแห้งโหระพา

ด้วยการวัดค่าการไหลผ่านกรวยแก้ว และการหาค่า angle of repose (θ) ตามข้อ 2.2.3

4.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บ (entrapment) ในผงพ่นแห้ง

4.2.4.1 การสกัดน้ำมันโหระพาจากผงพ่นแห้ง

ซึ่งสารตัวอย่างผงพ่นแห้งโหระพา 100 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติม purified water ปริมาตร 4 มิลลิลิตร และเฮกเซน 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง บั่นผสมด้วยการ vortex นาน 5 นาที นำสารละลายที่ได้ไปปั่นแยกด้วยการ centrifugation ที่ 4000 rpm นาน 20 นาที ดูดแยกชั้นเฮกเซน ออกมาเก็บไว้ เติมเฮกเซน 3 มิลลิลิตรในตัวอย่างที่เหลือใหม่เพื่อทำการสกัดในรอบต่อไป ทำการสกัดทั้งหมด 4 รอบ ตามขั้นตอนการสกัดจากการศึกษาข้างต้นนี้ รวบรวมชั้นเฮกเซนทั้ง 4 รอบการสกัดและนำไปวิเคราะห์ ความเข้มข้นน้ำมันโหระพาด้วย GC-MS

4.2.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาที่สกัดจากผงพ่นแห้งโดย GC-MS

เตรียมกราฟมาตรฐาน (standard curve) ของน้ำมันโหระพาที่ความเข้มข้น 5, 10, 20, 30, 40 ppm วิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS ตามที่ระบุในข้อที่ 1 และวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาในสารสกัดที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐาน และคำนวณหา % น้ำมันโหระพาที่กักเก็บในผงพ่นแห้งตามที่ระบุในข้อที่ 3

ตารางที่ 9 ส่วนประกอบในสารที่ใช้ในการเตรียมผงพ่นแห้งโหระพา

ส่วนประกอบของตำรับ	ปริมาณสาร (กรัม) ในสูตรตำรับที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Sweet basil oil	39.23	39.23	39.23	39.23	39.23	39.23	39.23	39.23
Sunflower oil	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55
DMG	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
PGE	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Lecithin	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.423	0.423
Fibrose [®]	46.15	46.15	-	-	23.08	23.08	-	-
OSA.	-	-	46.15	46.15	23.08	23.08	-	-
Sipernat [®] 50	-	-	-	-	-	-	46.15	46.15
HPMC	-	10	-	10	-	10	-	10
Purified water q.s.	300	600	300	600	300	600	300	600

ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะภายนอกของผงพ่นแห้งโหระพา

ผลการตรวจสอบลักษณะภายนอกของผงพ่นแห้งโหระพาด้วยตาเปล่าดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่าผงพ่นแห้งที่ได้มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ลักษณะผงแห้งละเอียดคล้ายนมผง มีสีขาวถึงสีเหลืองอ่อนๆ มีกลิ่นของน้ำมันโหระพาเล็กน้อย

ตารางที่ 10 ลักษณะทางกายภาพของผงพ่นแห้งโหระพา (n=3)

สูตรตำรับ	ลักษณะทางกายภาพของผงพ่นแห้งโหระพา
1 Fiberose®	ผงแห้งละเอียดสีเหลืองอ่อนๆ
2 Fiberose® + HPMC	ผงแห้งละเอียดสีขาวค่อนข้างร่วน
3 OSA	ผงแห้งสีขาวเกาะกันเล็กน้อย
4 OSA + HPMC	ผงแห้งสีขาวค่อนข้างร่วน
5 Fiberose® : OSA 1:1	ผงสีขาว เกาะกันเล็กน้อย
6 Fiberose® : OSA 1:1 + HPMC	ผงแห้งสีขาว ค่อนข้างร่วน
7 Sipernat® 50	ผงแห้งละเอียดสีขาวร่วน
8 Sipernat® 50 + HPMC	ผงแห้งละเอียดสีขาวร่วน

4.2 ค่า %LOD ของผงพ่นแห้งโหระพา

ความชื้นในผงพ่นแห้งน้ำมันโหระพาอาจก่อให้เกิดปัญหาตามมาหลายประการ เช่น การเกาะกลุ่มกันของผงแห้ง การสูญเสียความคงตัว และการสลายตัวของสารสำคัญในน้ำมันหอมระเหย อย่างไรก็ตามการประเมินความชื้นของผงพ่นแห้งน้ำมันโหระพาในการทดลองนี้ทำโดยการประเมินค่า % Loss on drying (% LOD) ด้วยการอบผงพ่นแห้งโหระพาที่ 105°C นาน 2 ชั่วโมง และหาน้ำหนักของสารที่หายไปนั้น คำนวณน้ำหนักที่หายไปอาจเกิดจากทั้งความชื้นที่มีในผงพ่นแห้งและน้ำมันโหระพาที่ระเหยออกไป ดังนั้น ค่า % LOD ที่ได้จากการทดลองนี้อาจบ่งชี้ถึงทั้งความชื้นและปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บในผงพ่นแห้ง ผลการทดลองหาค่า % LOD ของผงพ่นแห้งทั้งหมดแสดงในตารางที่ 11 พบว่า % LOD ของผงพ่นแห้ง Sipernat® 50 ทั้งที่เคลือบและไม่เคลือบ HPMC (ตำรับที่ 7 และ 8 ตามลำดับ) มีค่าสูงสุดที่ 30.08 % และ 30.99 % ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นตัวบ่งชี้ว่า ผงพ่นแห้ง Sipernat® 50 นี้สามารถกักเก็บน้ำมันโหระพาได้สูงสุด อย่างไรก็ตามควรยืนยันผลสรุปนี้จากการตรวจสอบค่าการกักเก็บน้ำมันโหระพานี้ ด้วยการสกัดและวิเคราะห์น้ำมันโหระพาจากผงพ่นแห้งในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 11 ค่า %LOD ของผงพ่นแห้งโหระพา (n = 3)

สูตรตำรับ	% LOD
1 Fiberose [®]	3.62 ± 0.33
2 Fiberose [®] + HPMC	4.98 ± 0.38
3 OSA	4.07 ± 0.29
4 OSA + HPMC	0.72 ± 0.21
5 Fiberose [®] : OSA 1:1	4.33 ± 0.07
6 Fiberose [®] : OSA 1:1 + HPMC	3.32 ± 0.33
7 Sipernat [®] 50	30.08 ± 0.06
8 Sipernat [®] 50 + HPMC	30.99 ± 0.55

4.3 การไหลของผงพ่นแห้งโหระพา

การประเมินการไหลของผงพ่นแห้งโหระพาด้วยการประเมินการไหลผ่านกรวยแก้วขนาดต่างๆ และการวัดค่า angle of repose ผลการประเมินดังแสดงไว้ในตารางที่ 12 และ 13 ตามลำดับ พบว่าในการประเมินการไหลผ่านกรวยแก้ว สูตรตำรับต่างๆมีผลการประเมินการไหลอยู่ในเกณฑ์พอใช้ถึงไม่ดี เมื่อพิจารณาจากค่า angle of repose พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 18.39-50.53 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การประเมินการไหลแบบไหลได้ดีมาก (Excellent flowing) จนถึงไหลได้ปานกลาง (Fairly free-flowing) ดังนั้นผงพ่นแห้งโหระพาที่ได้จึงมีการไหลอยู่ในระดับพอใช้ถึงดีมาก โดยผงแห้งของ Silica (Sipernat[®] 50) จะมีการไหลที่ดีกว่าผงแห้งของแป้ง 2 ชนิด (Fiberose[®] และ OSA) และผงแห้งของสูตรที่มี OSA เป็นสารช่วยมีการไหลไม่ค่อยดีและผงเกาะกลุ่มกัน เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่มี Fiberose[®] นอกจากนั้น สูตรที่มี HPMC มีการไหลที่ดีกว่าสูตรที่ไม่มี HPMC

ตารางที่ 12 การประเมินการไหลของผงพ่นแห้งโระพาโดยการวัดการไหลผ่านกรวยแก้ว (n = 3)

กรวยแก้ว ลำดับที่	Ø (mm)	สูตรที่							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5	-	-	-	-	-	-	-	-
3	8	-	-	-	-	-	-	-	-
4	12	+	+	-	-	+	+	+	+
5	18	+	+	+	+	+	+	+	+
ผลการทดลอง		ไหล พอใช้	ไหล พอใช้	ไหลไม่ ดี	ไหลไม่ ดี	ไหล พอใช้	ไหล พอใช้	ไหล พอใช้	ไหล พอใช้

Ø = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเปิดกรวยแก้ว, + ไหลผ่านได้, - ไหลผ่านไม่ได้

ตารางที่ 13 การประเมินการไหลของผงพ่นแห้งโระพาโดยการวัด angle of repose (θ) (n=3)

ค่าที่ ประเมิน	สูตรที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
H (cm)	2.40	2.50	3.00	2.87	1.83	2.50	2.20	1.23
R (cm)	2.47	2.97	2.47	2.80	3.07	2.63	2.90	3.70
Tan θ	0.972	0.842	1.215	1.025	0.596	0.951	0.759	0.332
θ	44.18	40.09	50.53	45.71	30.80	43.55	37.18	18.39
ผลการ ประเมิน	Free- flowing	Free- flowing	Fairly free- flowing	Fairly free- flowing	Free- flowing	Free- flowing	Free- flowing	Excellent flowing

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บ (entrapment) ในผงพ่นแห้ง

ผลการทดลองหาปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บในผงพ่นแห้งด้วยการสกัดและวิเคราะห์ด้วย GC-MS ของสูตรต่างๆ แสดงให้เห็นในตารางที่ 14

จากตารางที่ 14 พบว่า ค่าปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บในผงพ่นแห้งสูตรต่างๆ มีค่าแตกต่างกัน โดยที่ สูตรที่ 3 (OSA) และสูตรตำรับที่ 5 (Fibrose®: OSA 1:1) เป็นสูตรตำรับที่มีปริมาณน้ำมันโหระพาในผงพ่นแห้งมากที่สุด คือ 24.41 % และ 23.75 % ตามลำดับ ดังนั้นการใช้ OSA เป็นสารช่วยสามารถห่อหุ้มน้ำมันหอมระเหยได้มากกว่าใช้ผงแป้ง maltodextrin (Fibrose®) เพียงอย่างเดียว (สูตรที่ 1) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก OSA เป็นแป้งที่ถูกดัดแปรเพิ่มหมู่ที่ไม่ชอบน้ำมากขึ้นจึงสามารถจับน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ ทำให้สามารถห่อหุ้มน้ำมันหอมระเหยได้มากกว่าผงแป้งธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการผสม Fibrose® และ OSA เข้าด้วยกันในอัตราส่วน 1 : 1 สามารถกักเก็บได้ใกล้เคียงกับการใช้ OSA เดี่ยวๆ ดังนั้น การใช้ OSA ในปริมาณ 50 % ร่วมกับ maltodextrin เป็นสารช่วยเพียงพอต่อการกักเก็บน้ำมันโหระพาในผงพ่นแห้ง

สำหรับสูตรที่มี HPMC ซึ่งต้องการให้เป็นตัวเคลือบชั้นนอกสุดของการห่อหุ้มผงแห้ง แต่กลับพบปริมาณน้ำมันหอมระเหยโหระพาค่อนข้างน้อย โดยทุกสูตรที่มี HPMC (สูตรที่ 2, 4, 6, 8) มีปริมาณน้ำมันโหระพากักเก็บน้อยกว่าสูตรที่ไม่มี HPMC (สูตรที่ 1, 3, 5, 7) อาจเนื่องมาจาก ในขณะการเตรียมอิมัลชันของน้ำมันหอมระเหยและสารช่วยก่อนนำไปทำเป็นผงพ่นแห้งนั้น HPMC อาจเข้าจับกับผงของสารช่วยก่อนหรือห่อหุ้มผงสารช่วยนี้ไว้ ซึ่งจะไปขัดขวางการยึดจับของสารช่วยกับน้ำมันหอมระเหย นอกจากนั้นในการเตรียมอิมัลชันก่อนนำไปทำเป็นผงพ่นแห้งนั้นในสูตรที่มี HPMC ต้องใช้ปริมาณน้ำในการเตรียมเป็นสองเท่าของสูตรตำรับที่ไม่มี HPMC เพื่อให้มีความหนืดน้อยเพียงพอต่อการนำไปทำ spray dry ได้ ทำให้ต้องเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการ spray dry ซึ่งอาจเป็นผลทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันหอมระเหยไปอย่างมากในระหว่างการ spray dry ที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าสูตรที่มี HPMC เป็นส่วนประกอบจะกักเก็บน้ำมันหอมระเหยได้น้อย แต่อาจมีผลดีต่อการเพิ่มความคงตัวจากการสูญเสียน้ำมันหอมระเหยระหว่างการเก็บรักษาได้ ซึ่งต้องทำการศึกษาเปรียบเทียบความคงตัวของน้ำมันหอมระเหยในผงพ่นแห้งที่ถูกเคลือบด้วย HPMC และไม่ถูกเคลือบด้วย HPMC ต่อไป

สำหรับการใช้ Sipernat® 50 เป็นสารช่วยในการเตรียมผงพ่นแห้ง (สูตรที่ 7 และ 8) พบว่าให้ค่าปริมาณการกักเก็บน้อยกว่า การใช้ Fibrose® และ OSA และค่าปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บด้วยการวิเคราะห์นี้มีค่าไม่สอดคล้องกับการวัดหาความชื้นของตำรับ (% LOD) โดยมีค่าที่น้อยกว่าค่า % LOD อย่างมาก ทั้งนี้อาจเป็นเนื่องจาก Sipernat® 50 เป็น silica ที่มีรูพรุน สามารถดูดซับทั้งน้ำมันหอมระเหยและน้ำได้อย่างมากในรูพรุน โดยอาจมีการดูดซับน้ำได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหย ทำให้วิเคราะห์ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่น้อยกว่าค่า %LOD ในขณะเดียวกันกับพบว่าปริมาณการกักเก็บน้ำมันโหระพาของตำรับที่มี OSA (สูตรที่ 3 และ 4) กลับให้ค่าที่สูงกว่าค่า % LOD ทั้งนี้อาจเนื่องจากการ OSA สามารถจับกับน้ำมันหอมระเหยได้อย่างแข็งแรง ไม่สามารถใช้ความร้อนเพื่อไล่น้ำมันหอมระเหยออกมาได้ แต่เมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณการกักเก็บด้วยการสกัด โดยใช้ น้ำ:เฮกเซน 4:3 ปริมาณน้ำนี้สามารถทำให้เกิดการเปื่อยของผงแป้ง และทำให้เฮกเซนทำละลายน้ำมันหอมระเหยออกจาก OSA ได้ง่าย จึงสามารถวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันกักเก็บได้สูงโดยทั่วไปค่า %LOD เป็นการคำนวณหาน้ำหนักของสารที่หายไปหลังการอบแห้ง ซึ่งเกิดจากการระเหยของ

ตารางที่ 14 ปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บ (entrapment) ในผงพ่นแห้งในสูตรต่างๆ (n=3)

สูตรตำรับ	ปริมาณน้ำมันโหระพา (%) ที่กักเก็บ ในผงพ่นแห้ง
1 Fiberose [®]	7.37 ± 0.67
2 Fiberose [®] + HPMC	3.58 ± 0.33
3 OSA	24.41 ± 3.07
4 OSA + HPMC	1.84 ± 0.07
5 Fiberose [®] : OSA 1:1	23.74 ± 3.79
6 Fiberose [®] : OSA 1:1 + HPMC	1.71 ± 0.13
7 Sipernat [®] 50	5.08 ± 0.65
8 Sipernat [®] 50 + HPMC	0.64 ± 0.13

สรุปการทดลอง

การศึกษาการวิเคราะห์น้ำมันโหระพาด้วย GC-MS โดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และใช้ methyl chavicol เป็น standard marker สามารถสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าพื้นที่ใต้กราฟของ methyl chavicol และปริมาณน้ำมันโหระพา ได้เป็นกราฟเส้นตรงมีค่า r^2 เท่ากับ 0.9946 การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยต่างเป็นดังนี้ Sipernat[®] 50 > OSA > Fiberose[®] นอกจากนี้ยังพบว่าการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บสามารถทำได้ด้วยการสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำ: เฮกเซน 4:3 จำนวน 3 รอบ แล้วนำสารสกัดเฮกเซนที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS

ผลการทดลองจากการเตรียมผงพ่นแห้งโหระพา พบว่า การใช้ OSA สามารถเตรียมผงพ่นแห้งของโหระพาที่ปริมาณการกักเก็บน้ำมันโหระพาที่สูงที่สุด และการใช้ Fiberose®: OSA 1:1 ทำให้ได้ผงพ่นแห้งน้ำมันโหระพาที่ลักษณะทางกายภาพที่ดี มีการไหลในระดับปานกลาง และมีปริมาณการกักเก็บน้ำมันโหระพาที่สูงถึง 24 % นอกจากนั้นยังพบว่า การเคลือบผงพ่นแห้งด้วย HPMC ทำให้ผงมีการไหลที่ดีขึ้น แต่มีปริมาณการกักเก็บน้ำมันโหระพาที่ลดลง ดังนั้นการเตรียมผงพ่นแห้งนี้ที่สภาวะเหมาะสมนี้สามารถใช้เตรียมผงพ่นแห้งโหระพาที่มีปริมาณการกักเก็บน้ำมันในระดับสูง และสามารถใช้เป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาผงแห้งน้ำมันหอมระเหยอื่นต่อไปได้

(5). การพัฒนาผงแห้งน้ำมันโหระพาโดยการเตรียมด้วยวิธีพ่นแห้งและการศึกษาความคงตัว

จากการทดลองเก็บผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เตรียมด้วย Fiberose® และ OSA 1:1 เป็นสารห่อหุ้ม เป็นเวลานาน 1 เดือน พบว่าเกิดกลิ่นหืนของน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน ดังนั้น จึงพัฒนาผงแห้งน้ำมันโหระพาโดยใช้ Fiberose®:OSA ที่ 1:1 เป็นสารห่อหุ้ม และใช้น้ำมันรำข้าวแทนน้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน เป็นสารช่วยในตำรับ และศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เตรียมได้

วิธีการทดลอง

5.1 การเตรียมผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วยวิธีพ่นแห้ง

การเตรียมผงแห้งโหระพาด้วยวิธีการพ่นแห้ง (spray dry) น้ำมันโหระพาพร้อมกับสารห่อหุ้ม Fiberose®:OSA ที่ 1:1 และใช้น้ำมันรำข้าวเป็นสารช่วยในตำรับ โดยมีสัดส่วนของสารประกอบสารที่ใช้ในการเตรียมผงพ่นแห้งโหระพา ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ส่วนประกอบสารที่ใช้ในการเตรียมผงพ่นแห้งโหระพา

ส่วนประกอบของตำรับ	ปริมาณสารในตำรับ (กรัม)
Sweet basil oil	39.23
Rice bran oil	6.504
DMG	0.23
PGE	0.09
Lecithin	0.046
BHA	0.046
Fiberose®	23.075
OSA	23.075
Purified water q.s.	300

การเตรียมทำโดยเติมสารช่วย (Fiberose®, OSA) ใน purified water คนจนกระจายตัวเข้ากันดี ให้ ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70°C แยกผสม Rice Bran oil, DMG, PGE, lecithin และ BHA เข้าด้วยกัน และให้ ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70°C จน DMG ละลายหมด เติมน้ำมันโหระพาผสมให้เข้ากันสารละลายน้ำมัน เติม สารละลายน้ำมันที่ได้ลงในสารละลายน้ำของสารช่วย บั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง homogenizer ใช้ความเร็ว รอบ 12,000 rpm 2 รอบๆละ 3 นาที นำ emulsion ที่ได้ไปทำการ spray dry โดยกำหนดสภาวะในการทำงาน ของเครื่อง spray dryer ดังนี้ air inlet temperature 210°C, outlet temperature 85°C และ flow rate 24-68 ml/min

5.2 การตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันโหระพา

ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันโหระพา ได้แก่ ลักษณะผง สี และกลิ่น และวัดการไหล (Flowability) ของผงแห้งน้ำมันโหระพา ดังนี้

(1) การวัดการไหลผ่านกรวยแก้วที่มีรูเปิดขนาดต่างๆกัน^(11,12)

ใส่ผงแห้งในกรวยแก้วที่มีความสูง 80 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 38 มิลลิเมตร และมีความกว้างของรูเปิดต่างๆกัน ได้แก่ 2.5, 5, 8, 12 และ 18 มิลลิเมตร ประเมินคุณสมบัติการไหลของสารตามเกณฑ์ในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 เกณฑ์การประเมินการไหลของผงแห้งโดยการวัดการไหลผ่านกรวยแก้ว⁽¹³⁾

กรวยแก้วลำดับที่	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเปิดกรวยแก้ว (mm)	การประเมินการไหลของผงแห้งผ่านรูเปิดของกรวยแก้ว
1	2.5	ดีมาก
2	5	ดี
3	8	ดีพอใช้
4	12	พอใช้
5	18	ไม่ดี
ไม่สามารถผ่านกรวยแก้วลำดับที่ 5		ไหลไม่ได้

(2) การวัดค่า angle of repose (θ)

ค่อยๆ เทผงแห้งน้ำมันกระชายลงในกรวยขนาดสูง 80 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 38 มิลลิเมตร และมีความกว้างการไหลของรูเปิดขนาด 18 มิลลิเมตร ที่วางอยู่ในระยะความสูง 2 เซนติเมตรจากพื้น จนได้กองผงแห้งบนพื้นเป็นรูปโค้ง วัดความสูง (H) และรัศมี (R) ของกองผงแห้งที่พื้นดังกล่าว แล้วคำนวณค่า angle of repose (θ) จาก

$$\tan \theta = H/R$$

เกณฑ์การประเมินดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 เกณฑ์การประเมินการไหลของผงแห้ง⁽¹²⁾

ค่า θ	การประเมินการไหลของผงแห้ง
$\theta < 10^\circ$	ไหลตามอากาศเป็นฝุ่นผง (Aerated)
$10^\circ < \theta < 30^\circ$	ไหลได้ดีมาก (Excellent flowing)
$30^\circ < \theta < 45^\circ$	ไหลได้ดี (Free-flowing)
$45^\circ < \theta < 60^\circ$	ไหลได้ปานกลาง (Fairly free-flowing)
$60^\circ < \theta$	ไหลยากหรือไม่ไหล (Cohesive, non-flowing)

5.3 การศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันโหระพา

เก็บบรรจุผงแห้งน้ำมันโหระพาในภาชนะขวดแก้วกันแสง ขนาด ปริมาตร 3 มิลลิตร ปิดผนึกด้วยฝาโลหะและจุกยาง โดยใช้แนวทางการทดสอบความคงตัวตาม Asian Guideline on Stability Study of Drug Product⁽¹⁴⁾ และแนวทางในการทดสอบความคงสภาพของยาและผลิตภัณฑ์ยา ปี 2547 กองควบคุมยา สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข⁽¹⁵⁾ ดังนี้

ระยะเวลาในการทดสอบ 6 เดือน

ความถี่ในการทดสอบ คือ เดือนที่ 0, 1, 2, 3 และ 6

สภาวะในการทดสอบได้แก่

ที่ $5^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$

ที่ $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C} / 75\% \text{ RH} \pm 5\% \text{ RH}$

ที่ $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C} / 75\% \text{ RH} \pm 5\% \text{ RH}$

การบรรจุผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วยการพ่น (flush) ด้วยก๊าซไนโตรเจน และ แบบไม่พ่น (flush) ก๊าซไนโตรเจน

ประเมินลักษณะทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันโหระพา ได้แก่ ลักษณะภายนอก และตรวจสอบปริมาณน้ำมันโหระพากักเก็บที่คงเหลืออยู่ตลอดเวลาต่างๆกัน ด้วยการสกัดผงแห้งด้วย น้ำ:เฮกเซน 4:3 จำนวน 4 รอบ และนำของผสมที่สกัดได้ไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาด้วยวิธี Gas Chromatography – Mass Spectrophotometry (GC-MS) ตามวิธีในข้อ (1)

ผลการทดลอง

หลังจากการเตรียมผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วยวิธีพ่นแห้งทันที จะได้ผงแห้งสีขาวละเอียดร่วน มีกลิ่นน้ำมันโหระพาอ่อนๆ ประเมินการไหลของผงแห้ง (flow characteristics) พบว่าไหลได้ดีมาก ค่าเฉลี่ย ($n=3$) มุมการไหล (Angle of repose, θ) เท่ากับ 25.95 ซึ่งอยู่ในช่วงไหลได้ดีมาก (excellent flowing) สามารถผ่านกรวยแก้วขนาด 12 มิลลิเมตร ขึ้นไป ซึ่งหมายถึง ไหลพอใช้ (free flowing) และเมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาในผงแห้งด้วยเครื่อง GC-MS ในวันที่ 0 พบว่ามีปริมาณน้ำมันโหระพาอยู่เฉลี่ย 19.34 % ของน้ำมันโหระพาที่มีอยู่ในตำรับ

จากการทดลองทดสอบความคงตัวของผงแห้งน้ำมันโหระพาในเดือนที่ 1, 2, 3 และ 6 โดยทำการประเมินลักษณะทางกายภาพของผงแห้งที่เตรียมได้เมื่อเก็บไว้ในเดือนที่ 1, 2, 3 และ 6 และได้ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพดังแสดงไว้ในตารางที่ 18 นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันโหระพาที่คงเหลืออยู่ในตำรับผงแห้งหลังจากเก็บไว้ในเดือนที่ 1, 2, 3 และ 6 โดยคิดเป็นร้อยละเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำมันโหระพากักเก็บที่วิเคราะห์ได้จากผงแห้งที่เตรียมในวันแรก ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 19 และรูปที่ 3

ตารางที่ 18 ลักษณะทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันโหระพาเมื่อเก็บรักษาไว้ที่สภาวะต่างๆ ในเดือนที่ 1, 2, 3 และ 6

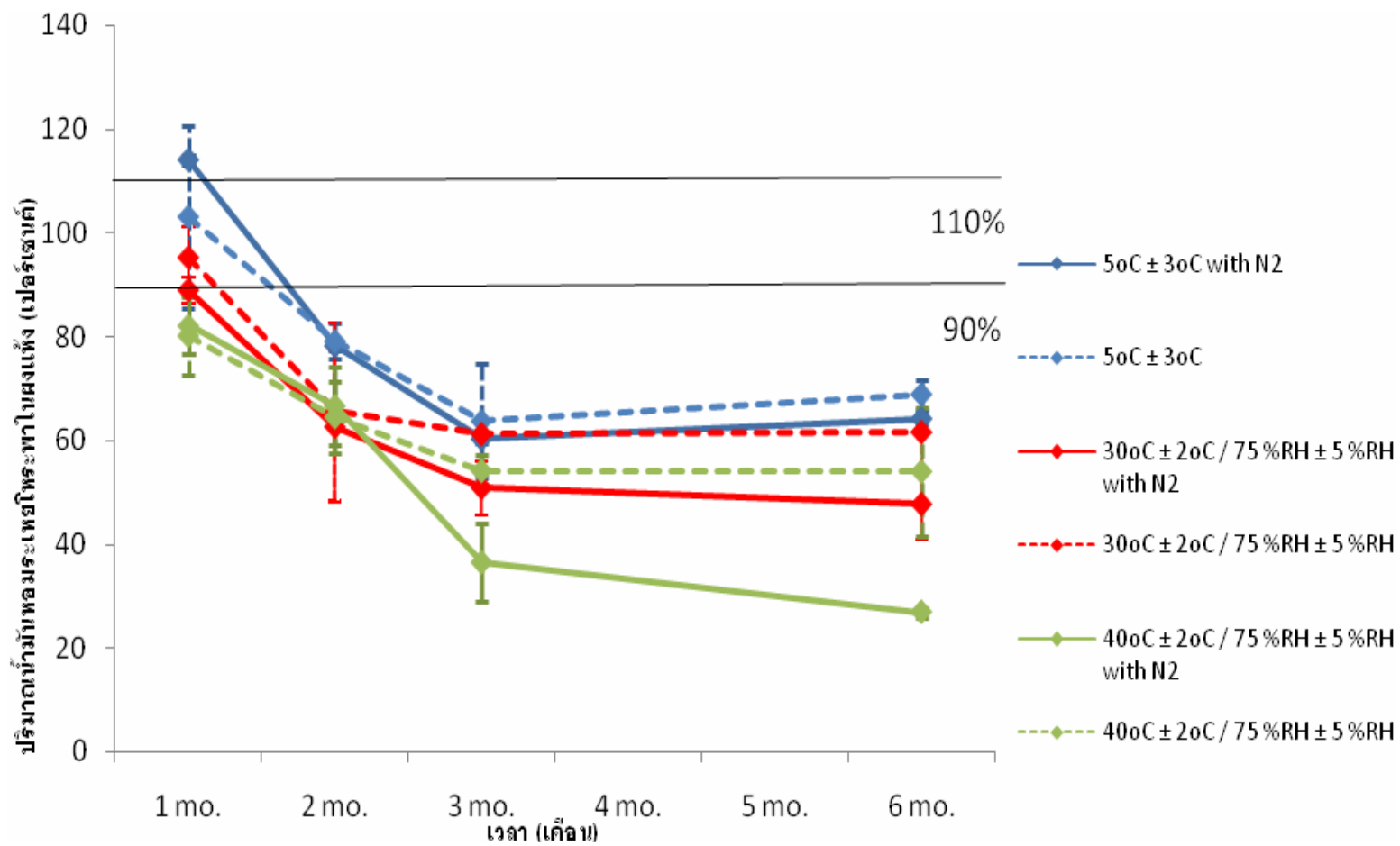
เดือนที่	ลักษณะทางกายภาพ (ลักษณะของผงแห้ง, สี, กลิ่น*)					
	5 °C ± 3 °C		30 °C ± 2 °C / 75% RH ± 5 % RH		40 °C ± 2 °C / 75% RH ± 5 % RH	
	ไม่มี N ₂	มี N ₂	ไม่มี N ₂	มี N ₂	ไม่มี N ₂	มี N ₂
1	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : ++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : ++, ไม่เห็น
2	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : ++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาวอมเหลือง กลิ่น : ++, เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาวอมเหลือง กลิ่น : ++, เห็น
3	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาวอมเหลือง กลิ่น : ++, เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาวอมเหลือง กลิ่น : +++, เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : เหลือง กลิ่น : +, เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : เหลือง กลิ่น : ++, เห็น
6	ผง : แห้ง ละเอียด สี : เหลือง กลิ่น : +++, เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : เหลือง กลิ่น : ++, เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : เหลือง กลิ่น : ++, เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : เหลือง กลิ่น : +, เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : เหลือง กลิ่น : +, เห็น

* หมายเหตุ ระดับความแรงของกลิ่นน้ำมันโหระพา + อ่อน, ++ ปานกลาง, +++ แรง, +++++ แรงมาก

ตารางที่ 19 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยโหระพาหลงเหลือในผงแห้งวิเคราะห์ด้วย GC-MS ณ เดือนที่ 1, 2, 3 และ 6 (n=3)

เดือนที่	ปริมาณร้อยละน้ำมันหอมระเหยโหระพาในผงแห้ง*					
	5 °C ± 3 °C		30 °C ± 2 °C / 75% RH ± 5% RH		40 °C ± 2 °C / 75% RH ± 5 % RH	
	แบบบรรจุก๊าซไนโตรเจน	แบบไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน	แบบบรรจุก๊าซไนโตรเจน	แบบไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน	แบบบรรจุก๊าซไนโตรเจน	แบบไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน
1	114.02 (22.05%)	103.03 (19.93%)	88.98 (17.21%)	95.20 (18.41%)	82.20 (15.90%)	80.11 (15.49%)
2	78.28 (15.14%)	79.09 (15.30%)	62.63 (12.11%)	65.56 (12.68%)	66.68 (12.89%)	64.47 (12.47%)
3	60.38 (11.69%)	63.74 (12.33%)	50.86 (9.69%)	61.25 (11.85%)	36.45 (7.05%)	54.15 (10.47%)
6	64.29 (12.43%)	68.88 (13.32%)	47.71 (9.23%)	61.62 (11.92%)	26.88 (5.20%)	54.03 (10.45%)

* หมายเหตุ เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำมันโหระพาที่วิเคราะห์ได้ ณ วันที่เตรียม (19.34%)



รูปที่ 3 ปริมาณน้ำมันหอมระพาทกเก็บคงเหลือในผงแห้งน้ำมันหอมระพาที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS ณ เดือนที่ 1, 2, 3 และ 6

จากลักษณะทางกายภาพหลังจากการเก็บรักษาผงแห้งน้ำมันโระพาโดยวิธีพ่นแห้ง ณ สภาวะทดสอบที่กำหนดเป็นเวลานาน 6 เดือน พบว่าทุกสภาวะการเก็บรักษาและการบรรจุผงแห้งยังมีลักษณะเป็นผงสีขาว ละเอียด เหมือนหลังการผลิตใหม่ แต่ความแรงของกลิ่นน้ำมันโระพาในผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากันขึ้นกับสภาวะการเก็บรักษา โดยผงแห้งที่เก็บโดยการบรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจนจะมีกลิ่นน้ำมันโระพามากกว่าผงแห้งที่ไม่ได้บรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจน และผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C มีกลิ่นของน้ำมันโระพามากกว่าผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 40 °C พบกลิ่นหืนและผงเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บไว้นานกว่าหนึ่งเดือน ในขณะที่ ผงแห้งที่เก็บรักษาที่สภาวะอื่นๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงจากผงสีขาวเป็นสีเหลืองและมีกลิ่นหืน ในเดือนที่หก ยกเว้นผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C แบบบรรจุก๊าซไนโตรเจนยังคงมีกลิ่นและสีเหมือนกับเดือนแรกที่เตรียม

ตารางที่ 19 และรูปที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันหอมระเหยในผงแห้งน้ำมันโระพา คงเหลือเมื่อเก็บไว้ในสภาวะต่างๆ เป็นเวลานาน 6 เดือน พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยกักเก็บในผงแห้งน้ำมันโระพามีปริมาณคงเหลือลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยผงแห้งน้ำมันโระพาที่เก็บที่ 5 °C และ 30 °C มีปริมาณน้ำมันโระพากักเก็บคงเหลือที่ต่ำกว่า 90% เมื่อเก็บไว้นาน 2 เดือน และ ในขณะที่ผงแห้งน้ำมันโระพาที่เก็บที่ 40 °C มีปริมาณน้ำมันโระพากักเก็บคงเหลือที่ต่ำกว่า 90% เมื่อเก็บไว้นาน 1 เดือน และผงแห้งน้ำมันโระพาที่เก็บที่ 5 °C มีปริมาณน้ำมันหอมระพากักเก็บคงเหลือมากกว่าผงแห้งน้ำมันโระพาที่เก็บที่ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าผงแห้งที่เก็บด้วยการบรรจุก๊าซไนโตรเจนมีปริมาณน้ำมันโระพากักเก็บคงเหลืออยู่ต่ำกว่าผงแห้งที่ไม่ได้บรรจุก๊าซไนโตรเจน ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากการบรรจุก๊าซไนโตรเจนด้วยวิธีการพ่น (flush) ก๊าซไนโตรเจนไปแทนที่อากาศเหนือผงแห้งน้ำมันโระพาเป็นการไล่อากาศที่อึดอัดด้วยไอระเหยของน้ำมันโระพาเหนือผงแห้ง ทำให้เกิดการระเหยของโระพามาแทนที่อากาศและทำให้ปริมาณน้ำมันโระพากักเก็บในผงแห้งลดลง ดังนั้น สรุปได้ว่า ผงแห้งน้ำมันโระพาจะมีความคงตัวทางกายภาพและเคมีที่ดี เมื่อเก็บในสภาวะที่เหมาะสมได้แก่ การเก็บในที่เย็นอุณหภูมิ 5 °C หรือ 30 °C นาน 1 เดือน

(6). การพัฒนาผงแห้งน้ำมันกระชายโดยการเตรียมด้วยวิธีพ่นแห้งและการศึกษาความคงตัว

การศึกษาการเตรียมผงพ่นแห้งกระชายด้วยวิธีการพ่นแห้ง (spray dry) น้ำมันกระชายร่วมกับสารหล่อหุ้ม 2 ชนิด ได้แก่ Fiberose® และ OSA ที่อัตราส่วนต่างๆกัน เพื่อประเมินหารอัตราส่วนของสารหล่อหุ้มที่เหมาะสมในการพ่นแห้งเพื่อให้ได้ผงพ่นแห้งกระชายที่มีปริมาณน้ำมันกระชายที่กักเก็บ (entrapment) มากที่สุด และศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชายที่เตรียมได้

วิธีการทดลอง

6.1 การเตรียมผงแห้งน้ำมันกระชายด้วยวิธีพ่นแห้ง

เตรียมผงแห้งน้ำมันกระชายจำนวน 3 ตำรับที่มีส่วนประกอบดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 20 โดยการเติมสารช่วย (Fiberose®, OSA) ใน purified water คนจนกระจายตัวเข้ากันดี ให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70°C แยกผสม Rice Bran oil, DMG, PGE, lecithin และ BHA เข้าด้วยกัน และให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 70°C จน DMG ละลายหมด เติมน้ำมันกระชายผสมให้เข้ากันสารละลายน้ำมัน เติมน้ำตาลละลายน้ำมันที่ได้ลงในสารละลายน้ำของสารช่วย บั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง homogenizer ใช้ความเร็วรอบ 12,000 rpm 2 รอบๆ

ละ 3 นาที นำ emulsion ที่ได้ไปทำการ spray dry โดยกำหนดสภาวะในการทำงานของเครื่อง spray dryer ดังนี้ air inlet temperature 210°C, outlet temperature 85°C และ flow rate 24-68 ml/min

ตารางที่ 20 ส่วนประกอบในสารที่ใช้ในการเตรียมผงแห้งกระชายในตำรับต่างๆ

ส่วนประกอบของตำรับ	ปริมาณสาร (กรัม) ในตำรับ		
	ตำรับ 1	ตำรับ 2	ตำรับ 3
Fingerroot oil	39.23	39.23	39.23
Rice bran oil	6.32	6.32	6.32
DMG	0.23	0.23	0.23
PGE	0.09	0.09	0.09
Lecithin	0.046	0.046	0.046
BHA	0.046	0.046	0.046
Fibrose [®]	46.15	-	23.075
OSA	-	46.15	23.075
Purified water q.s.	300	300	300

6.2 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันกระชาย

ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันกระชาย ได้แก่ ลักษณะผง สี และกลิ่น และวัดการไหล (flowability) ของผงแห้งน้ำมันกระชาย ตามวิธีการในข้อ 5.2

6.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันกระชายที่กักเก็บ (entrapment) ในผงแห้งน้ำมันกระชาย

6.3.1 การสกัดน้ำมันกระชายจากผงแห้งน้ำมันกระชาย

ชั่งสารตัวอย่างผงแห้งน้ำมันกระชาย 100 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติม purified water ปริมาตร 4 มิลลิลิตร และเฮกเซน 3 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง บั่นผสมด้วยการ vortex นาน 5 นาที นำสารละลายที่ได้ไปปั่นแยกด้วยการ centrifugation ที่ 4000 rpm นาน 20 นาที ดูดแยกชั้นเฮกเซนออกมาเก็บไว้ เติมเฮกเซน 3 มิลลิลิตรในตัวอย่างที่เหลือใหม่เพื่อทำการสกัดในรอบต่อไป ทำการสกัดทั้งหมด 4 รอบ ตามขั้นตอนการสกัดจากการศึกษาข้างต้นนี้ รวบรวมชั้นเฮกเซนทั้ง 4 รอบการสกัดและนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นน้ำมันกระชายด้วยวิธี GC-MS

6.3.2 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันกระชาย

วิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันกระชายด้วยวิธี Gas Chromatography – Mass Spectrophotometry (GC-MS) โดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และใช้ Methyl-cis-cinnamate เป็น standard marke และทดลองสร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) ของน้ำมันกระชาย ด้วยการเตรียมน้ำมันกระชายในเฮกเซนที่ความเข้มข้นต่างๆ วิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS คำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟของ camphor และสร้างกราฟมาตรฐาน (standard curve) ระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันกระชาย และค่าพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl-cis-cinnamate

สำหรับ conditions ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย GC-MS เป็นดังนี้

- การวิเคราะห์ด้วย GC-MS ในโหมด Electron Impact (EI)
- เครื่องมือ: GC-2010-Shimadzu (Shimadzu, Japan)
- Capillary column GC DB-5 MS 30 m x 0.25 mm x 0.25 μ m
- ก๊าซตัวพา คือ Helium อัตราการไหลของ 0.68 ml / min , Splitless
- อุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์ มีรายละเอียดดังนี้
 - Injection temperature 200 $^{\circ}$ C
 - Ion source temperature (MS) 200 $^{\circ}$ C
 - Interface temperature 250 $^{\circ}$ C
- Oven temperature gradient ดังนี้

Rate ($^{\circ}$ C/min)	Temperature ($^{\circ}$ C)	Hold time (min)
-	60.0	10.0
3.0	64.0	1.0
0.1	67.0	1.0
3.0	180.0	1.0

6.4 ทดสอบความคงสภาพของผงแห้งน้ำมันกระชาย

เก็บบรรจุผงแห้งน้ำมันกระชายในภาชนะขวดแก้วกันแสง ขนาด ปริมาตร 3 มิลลิตร ปิดผนึกด้วยฝาโลหะและจุกยาง โดยใช้แนวทางการทดสอบความคงตัวตาม Asian Guideline on Stability Study of Drug Product⁽¹⁴⁾ และแนวทางในการทดสอบความคงสภาพของยาและผลิตภัณฑ์ยา ปี 2547 กองควบคุมยา สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข⁽¹⁵⁾ ดังนี้

ระยะเวลาในการทดสอบ 6 เดือน

ความถี่ในการทดสอบ คือ เดือนที่ 0, 1, 2, 3 และ 6

สภาวะในการทดสอบได้แก่

ที่ 5 $^{\circ}$ C $\pm$ 3 $^{\circ}$ C

ที่ 30 $^{\circ}$ C $\pm$ 2 $^{\circ}$ C / 75% RH $\pm$ 5 % RH

ที่ 40 $^{\circ}$ C $\pm$ 2 $^{\circ}$ C / 75% RH $\pm$ 5 % RH

การบรรจุผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วยการพ่น (flush) ด้วยก๊าซไนโตรเจน และ แบบไม่พ่น (flush) ก๊าซไนโตรเจน

ประเมินลักษณะทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันโหระพา ได้แก่ ลักษณะภายนอก และวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพากักเก็บที่คงเหลืออยู่เป็นเวลาต่างๆกัน ตามวิธีที่ระบุในหัวข้อ 6.3

ผลการทดลอง

คุณสมบัติทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันกระชาย

ผลการตรวจสอบลักษณะภายนอกของผงแห้งน้ำมันกระชายด้วยตาเปล่าและสมบัติการไหลดังแสดงในตารางที่ 21 พบว่าผงแห้งที่มีส่วนประกอบของ OSA มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ลักษณะผงแห้งละเอียดสีขาว มีกลิ่นของน้ำมันกระชายอ่อนๆ ส่วนผงพ่นแห้งที่ไม่มีส่วนประกอบของ OSA ลักษณะผงแห้งค่อนข้างเป็นแผ่นร่วน กลิ่นน้ำมันกระชายค่อนข้างแรง อาจเนื่องมาจาก OSA เป็นสารที่ส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) สามารถจับกับน้ำมันได้ และทำให้น้ำมันถูกจับไว้ในอนุภาคของผงแห้งที่เตรียมได้ ในขณะที่ตำรับที่มีแต่เฉพาะ Fiberose® ซึ่งเป็นสารที่เข้ากันกับน้ำหรือสารที่มีขี้ได้ดีไม่สามารถกักเก็บน้ำมันไว้ในอนุภาคได้ ดังนั้นน้ำมันอาจหุ้มหรือเคลือบอยู่บริเวณรอบๆ อนุภาคทำให้ได้กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยกระชายที่ค่อนข้างแรงกว่า และส่งผลต่อการไหลของผงแห้ง โดยพบว่า ค่าการไหลที่วัดจากมุมการไหลของตำรับที่มี OSA มีค่าน้อยกว่ามุมการไหลของตำรับที่ไม่มี OSA แสดงว่าตำรับที่มี OSA มีการไหลที่ดีกว่าตำรับที่ไม่มี OSA อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าทั้งสามตำรับจะไหลผ่านกรวยแก้วที่รูผ่าน 18 มิลลิเมตรเหมือนกัน แต่ตำรับที่มี OSA ทั้งสองตำรับมีผงแห้งที่ค้างอยู่ที่รูผ่าน 12 มิลลิเมตร น้อยกว่าเป็นไปได้น้ำมันที่เคลือบอยู่ผิววนอกของผงแห้งเกิดขึ้นมากในตำรับที่ใช้ Fiberose® เพียงอย่างเดียว ทำให้ผงแห้งขึ้นเล็กน้อยและเกาะบริเวณผิวแก้วได้มากกว่า จากประเมินการไหล (flow characteristic) ของผงแห้งน้ำมันโหระพาตำรับที่ 2 และ 3 (n=3) พบว่ามีมุมการไหล (Angle of repose, θ) เท่ากับ 28.09 และ 25.67 ซึ่งอยู่ในช่วงไหลได้ดีมาก (excellent flowing)

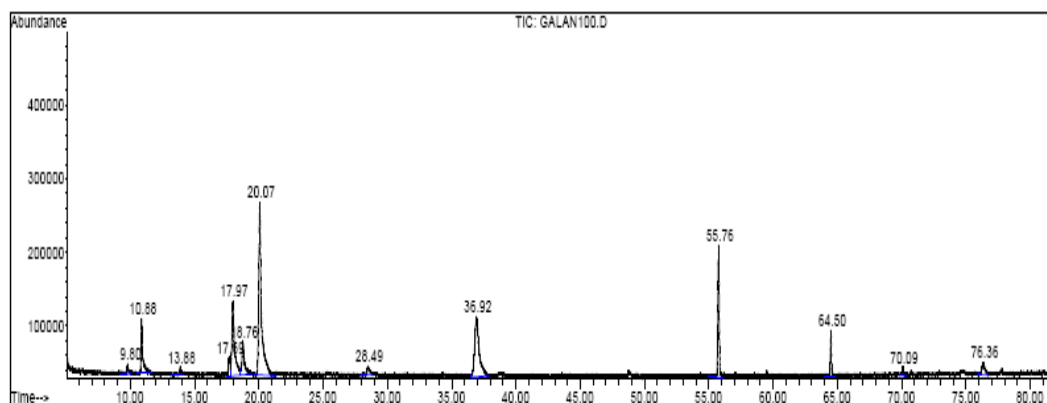
ตารางที่ 21 คุณสมบัติของผงแห้งน้ำมันกระชายและสมบัติการไหล (n=3)

ตำรับที่	ลักษณะ / สี / กลิ่น	การไหลผ่านกรวยแก้ว	มุมการไหล (θ)
1	ผงค่อนข้างเป็นแผ่นเล็กๆ สีขาว กลิ่นน้ำมันกระชายค่อนข้างแรง	ไหลไม่ดี	35.48 ไหลได้ดี
2	ผงละเอียดร่วนสีขาว กลิ่นน้ำมัน กระชายเล็กน้อย	ไหลไม่ดี	28.09 ไหลได้ดีมาก
3	ผงละเอียดร่วนสีขาว กลิ่นน้ำมัน กระชายเล็กน้อย	ไหลไม่ดี	25.67 ไหลได้ดีมาก

การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันกระชายที่กักเก็บในผงแห้งน้ำมันกระชาย

รูปที่ 4 แสดง GC-MS chromatogram ของน้ำมันกระชาย แสดงให้เห็น peak ของสารต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันกระชาย ตารางที่ 22 แสดงค่า retention time ของ peak สารที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมัน

กระชาย พบว่า peak ของ Methyl-cis-cinnamate ซึ่งใช้เป็น standard marker ในการวิเคราะห์น้ำมันกระชายนี้ มี retention time เท่ากับ 64.50 นาที ตารางที่ 23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl-cis-cinnamate และความเข้มข้นของน้ำมันกระชาย และ รูปที่ 5 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างพื้นที่ใต้กราฟของ camphor กับความเข้มข้นของน้ำมันกระชาย ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงที่มีค่า $R^2 = 0.9991$



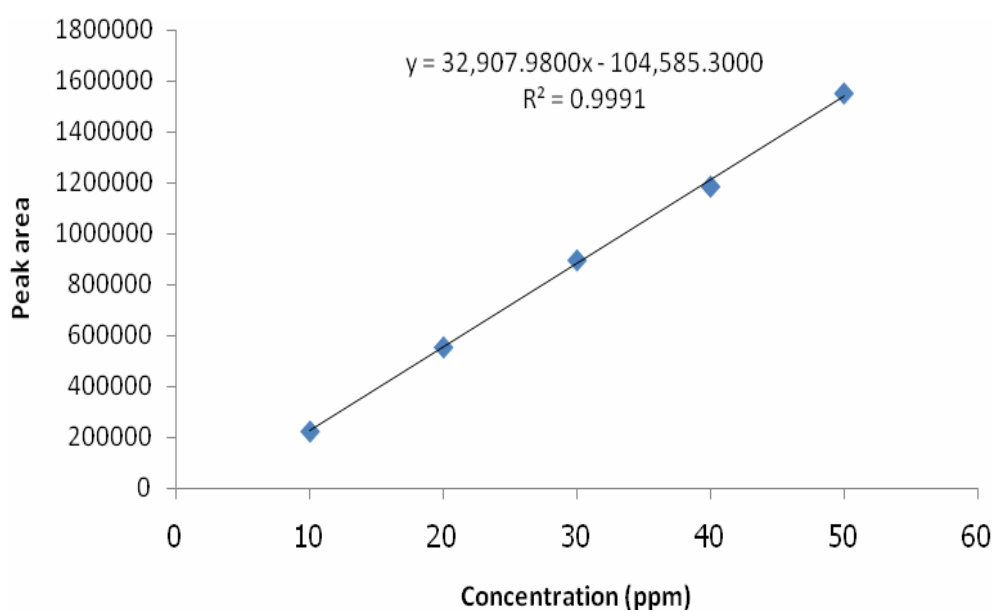
รูปที่ 4 Chromatogram ของน้ำมันกระชายจากการวิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS

ตารางที่ 22 ค่า Retention time ของ สารที่เป็นส่วนประกอบในน้ำมันกระชายจากการวิเคราะห์ด้วย GC-MS

Peak	Name	Retention time (min)	% Peak area
1	alpha Pinene	9.8	1.21
2	Camphene	10.88	6.51
3	beta-Myrcene	13.88	0.85
4	L-Limonene	17.69	2.39
5	1,8-Cineole	17.97	14.01
6	cis-Ocimene	18.76	6.10
7	trans-beta-Ocimene	20.07	32.65
8	Linalool	28.49	1.61
9	Camphor	36.92	18.18
10	Geraniol	55.76	12.46
11	Methyl-cis-cinnamate	64.5	3.25
12	beta-farnesene	70.09	0.76

ตารางที่ 23 ความเข้มข้นของน้ำมันกระชายและค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl-cis-cinnamate

ความเข้มข้นของน้ำมันกระชาย (ppm)	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl-cis-cinnamate
50	1552682.5
40	1186405.0
30	896525.5
20	554343.0
10	223314.5



รูปที่ 5 Standard curve ระหว่างค่าเฉลี่ยพื้นที่ใต้กราฟของ Methyl-cis-cinnamate และ ความเข้มข้นของน้ำมันกระชาย

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันกระชายที่กักเก็บในผงแห้งน้ำมันกระชายโดยการวิเคราะห์ด้วย GC-MS แสดงให้เห็นในตารางที่ 24 พบว่าตำรับที่มีปริมาณน้ำมันกระชายกักเก็บในผงแห้งกระชาย มากที่สุดคือ ตำรับที่ 3 (ใช้ Fiberose®: OSA = 1:1) รองลงมาคือตำรับที่ 2 (OSA) และตำรับที่ 1 (Fiberose®) ตามลำดับ ดังนั้นการมี OSA เป็นส่วนประกอบที่เหมาะสมในตำรับ จะช่วยเพิ่มการกักเก็บน้ำมันกระชายในผงแห้ง เนื่องจากมีส่วนไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ที่ทำปฏิกิริยากับส่วนไม่ชอบน้ำของน้ำมันกระชายได้

ตารางที่ 24 ปริมาณน้ำมันกระชายที่กักเก็บ (entrapment) ในผงแห้งในตำรับต่างๆ (n=3)

ตำรับที่	ปริมาณน้ำมันกระชาย (% w/w) ที่กักเก็บในผงแห้ง
1	9.13 ± 0.87
2	12.32 ± 0.97
3	20.04 ± 3.20

สรุปได้ว่า การเตรียมผงแห้งน้ำมันกระชายด้วยวิธีพ่นแห้ง ตำรับที่ 3 โดยการใช้ Fiberose®: OSA 1:1 และน้ำมันรำข้าวเป็นสารช่วย เป็น condition ที่ดีที่สุด ทำให้ได้ผงแห้งมีลักษณะสีขาวละเอียดร่วน มีกลิ่นน้ำมันกระชายเล็กน้อย เมื่อประเมินการไหลของผงแห้ง (flow characteristic) ค่าเฉลี่ย (n=3) พบว่ามีมุมการไหล (Angle of repose, θ) เท่ากับ 25.67° ซึ่งอยู่ในช่วงไหลได้ดีมาก (excellent flowing) และเมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันกระชายในผงแห้งด้วยเครื่อง GC-MS ในวันที่ 0 พบว่ามีปริมาณน้ำมันกระชายเฉลี่ยอยู่สูงถึง 20.04 % ของน้ำมันกระชายที่มีอยู่ในตำรับ

การศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชาย

จากการทดลองทดสอบความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชายในเดือนที่ 1, 2, 3 และ 6 โดยทำการสังเกตประเมินลักษณะทางกายภาพของผงแห้งที่เตรียมได้เมื่อเก็บไว้ในเดือนที่ 1, 2, 3 และ 6 ซึ่งผลการประเมินลักษณะทางกายภาพดังแสดงไว้ในตารางที่ 25 นอกจากนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันกระชายที่คงเหลืออยู่ในตำรับผงแห้งหลังจากเก็บไว้ในเดือนที่ 1, 2, 3 และ 6 โดยคิดเป็นร้อยละเทียบกับปริมาณน้ำมันกระชายที่วิเคราะห์ได้จากการเตรียมในวันแรก ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 26 และรูปที่ 6

ตารางที่ 25 ลักษณะทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันกระชายเมื่อเก็บรักษาไว้ที่สภาวะต่างๆ ในเดือนที่ 1, 2, 3 และ 6

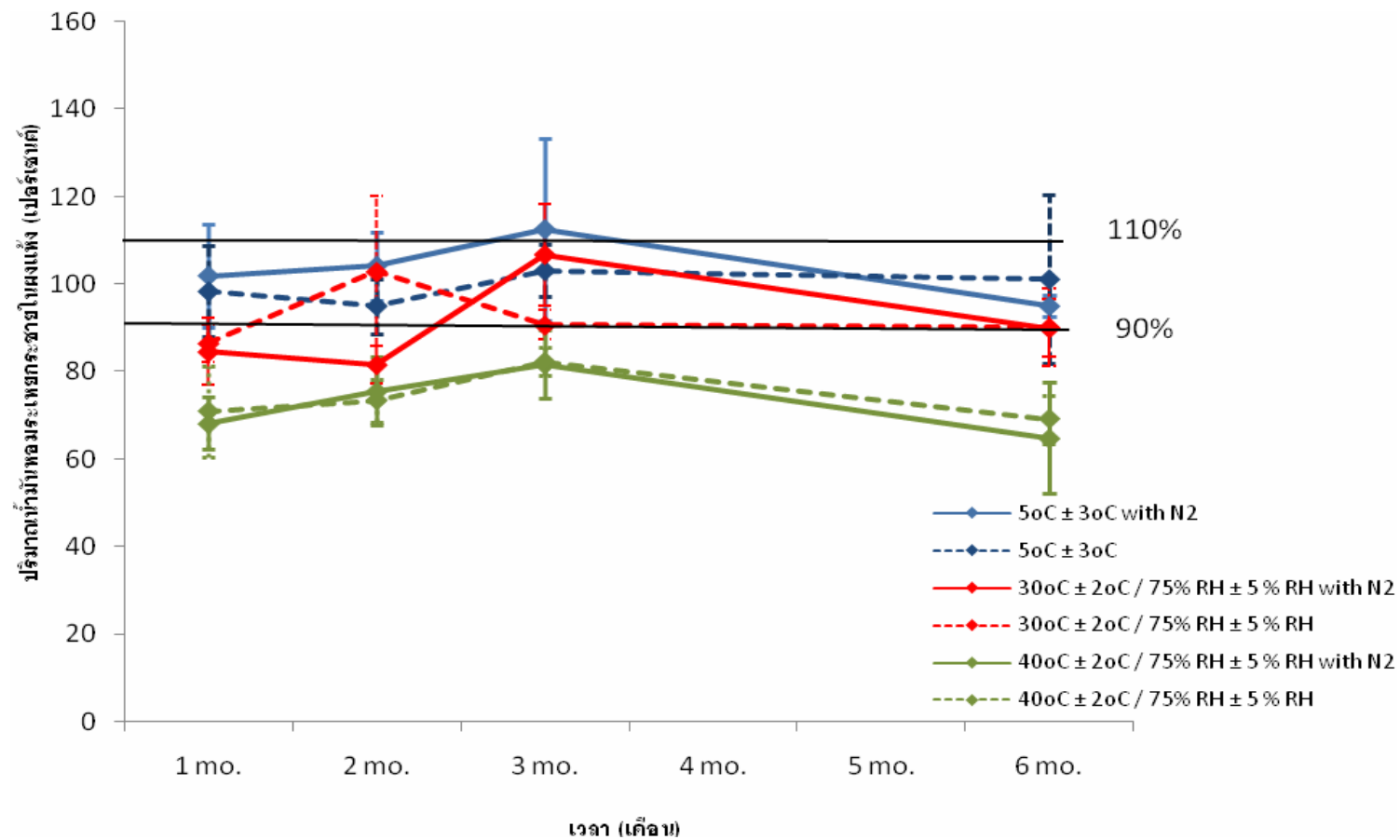
เดือน	ลักษณะทางกายภาพ (ลักษณะของผงแห้ง, สี, กลิ่น*)					
	5 °C ± 3 °C		30 °C ± 2 °C / 75% RH ± 5 % RH		40 °C ± 2 °C / 75% RH ± 5 % RH	
	ไม่มี N ₂	มี N ₂	ไม่มี N ₂	มี N ₂	ไม่มี N ₂	มี N ₂
1	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น
2	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : ++, เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : ++, เห็น
3	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาวอมเหลือง กลิ่น : ++, เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาวอมเหลือง กลิ่น : ++, เห็น
6	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : +++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : ++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาว กลิ่น : ++, ไม่เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาวอมเหลือง กลิ่น : +, เห็น	ผง : แห้ง ละเอียด สี : ขาวอมเหลือง กลิ่น : +, เห็น

*หมายเหตุ ระดับความแรงของกลิ่นน้ำมันโหระพา + อ่อน, ++ ปานกลาง, +++ แรง, +++++ แรงมาก

ตารางที่ 26 ปริมาณน้ำมันกระชายกักเก็บในผงแห้งน้ำมันกระชายที่วิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS ณ เดือนที่ 1, 2, 3 และ 6 (n=3)

เดือนที่	ปริมาณร้อยละน้ำมันหอมระเหยกระชายในผงแห้ง*					
	5 °C ± 3 °C		30 °C ± 2 °C / 75% RH ± 5 % RH		40 °C ± 2 °C / 75% RH ± 5 % RH	
	แบบบรรจุก๊าซไนโตรเจน	แบบไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน	แบบบรรจุก๊าซไนโตรเจน	แบบไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน	แบบบรรจุก๊าซไนโตรเจน	แบบไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน
1	101.90 (20.42%)	98.36 (19.71%)	84.53 (16.94%)	86.50 (17.34%)	68.19 (13.67%)	70.93 (14.21%)
2	104.20 (20.88%)	95.01 (19.04%)	81.59 (16.35%)	102.91 (20.62%)	75.56 (15.14%)	73.42 (14.71%)
3	112.57 (22.56%)	103.13 (20.67%)	106.79 (21.40%)	90.65 (18.17%)	81.73 (16.38%)	82.33 (16.50%)
6	94.96 (19.03%)	101.15 (20.27%)	89.97 (18.03%)	90.17 (18.07%)	64.82 (12.99%)	69.16 (13.86%)

*หมายเหตุ เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำมันกระชายที่วิเคราะห์ได้ ณ วันแรกที่เตรียม (20.04%)



รูปที่ 6 ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กักเก็บคงเหลือในผงแห้งน้ำมันกระชายที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS ณ เดือนที่ 1, 2, 3 และ 6

ผลการทดสอบความคงตัวของตำรับผงแห้งน้ำมันกระชายในเดือนที่ 1 , 2 , 3 และ 6 จากลักษณะทางกายภาพหลังจากการเก็บรักษาผงแห้งน้ำมันกระชายโดยวิธีพ่นแห้ง ณ สภาวะทดสอบที่กำหนดนาน 6 เดือน พบว่าการเก็บที่สภาวะการเก็บรักษาและบรรจุที่อุณหภูมิ 5 °C และ 30 °C ผงแห้งยังคงมีลักษณะสีขาว ละเอียด เหมือนหลังผลิตใหม่ ส่วนผงแห้งน้ำมันกระชายที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 °C จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีขาวอมเหลืองเมื่อเข้าสู่เดือนที่ 3 และความแรงของกลิ่นน้ำมันกระชายในผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสภาวะต่างๆไม่เท่ากัน โดยผงแห้งน้ำมันกระชายซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 5 °C จะมีความแรงของกลิ่นน้ำมันกระชายมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ และการเก็บที่อุณหภูมิ 40 °C พบว่าผงแห้งน้ำมันกระชายกลิ่นของน้ำมันกระชายอ่อนลงมากและพบกลิ่นหืนเมื่อเก็บไว้นานกว่าหนึ่งเดือน ขณะที่การเก็บรักษาที่สภาวะอื่นๆ ในเดือนที่หกที่อุณหภูมิ 5°C และ 30°C ไม่พบกลิ่นหืนและยังคงมีกลิ่นของน้ำมันกระชายไม่แตกต่างจากผงแห้งที่ผลิตเสร็จใหม่ๆ (ตารางที่ 25)

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันหอมระเหยในผงแห้งน้ำมันกระชายพบว่าเมื่อเก็บผงแห้งน้ำมันกระชายไว้นาน 6 เดือน พบว่าผงแห้งน้ำมันกระชายที่เก็บสภาวะอุณหภูมิ 5 °C มีปริมาณน้ำมันกระชายกักเก็บคงเหลือมากที่สุด ตามด้วยผงแห้งที่เก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าผงแห้งน้ำมันกระชายที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C และ 30 °C มีปริมาณน้ำมันกระชายกักเก็บคงเหลือมากกว่า 90% เมื่อเก็บไว้นาน 6 เดือน และการบรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจน และไม่บรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจนส่งผลต่อความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชายไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากการบรรจุผงแห้งน้ำมันกระชายจนเต็มขวดและไม่เหลืออากาศเหนือผงแห้งน้ำมันกระชาย จึงไม่มีช่องว่างเหนือผงแห้งที่ทำให้เกิดการระเหยน้ำมันกระชาย จากผลการศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชาย สามารถสรุปได้ว่าผงแห้งน้ำมันกระชายจากสูตรตำรับที่เตรียมขึ้นนี้มีความคงตัวที่ดีเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 5 °C และ 30 °C เป็นเวลานาน 6 เดือน

อนึ่งการนำผงแห้งน้ำมันโหระพาและผงแห้งกระชายไปใช้ประโยชน์ในการเป็นสารเสริมอาหารในสัตว์นั้นสิ่งที่ควรคำนึงถึงคือต้นทุนของผงแห้งน้ำมันหอมระเหย ซึ่งต้นทุนของสารต่างๆที่ใช้ในการเตรียมผงแห้ง ได้แก่ สารห่อหุ้ม คือ Fiberose® มีราคาประมาณ 55 บาท/ก.ก. และ OSA มีราคาประมาณ 75 บาท/ก.ก. และน้ำมันโหระพา มีราคา 3,500 บาท/ก.ก. และน้ำมันกระชายมีราคา 6,200 บาท/ก.ก. จากการศึกษาพบว่าผงแห้งที่เตรียมจาก Fiberose®:OSA ที่ 1:1 สามารถกักเก็บน้ำมันได้ประมาณ 20% ดังนั้นราคาต้นทุนของผงแห้งน้ำมันโหระพาจะมีราคาประมาณ 752 บาท/ก.ก. และผงแห้งน้ำมันกระชายมีราคาประมาณ 1,292 บาท/ก.ก. ซึ่งต้นทุนของผงแห้งมีราคาขึ้นกับราคาของน้ำมันหอมระเหยเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นหากสามารถหาแหล่งผลิตน้ำมันหอมระเหยในราคาที่ต่ำก็จะสามารถควบคุมราคาต้นทุนของสินค้านี้ได้ตามต้องการ

สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาและศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันโหระพา และผงแห้งน้ำมันกระชายที่เตรียมด้วยวิธีพ่นแห้ง การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยต่างเป็นดังนี้ Sipernat® 50 > OSA > Fiberose® นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารช่วยปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บสามารถทำได้ด้วยการสกัดด้วยตัวทำละลาย น้ำ:เฮกเซน 4:3 จำนวน 3 รอบ แล้วนำสารสกัดเฮกเซนที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS จากการศึกษาศักยภาพของผงแห้งน้ำมันโหระพาและกระชายด้วยวิธีพ่นแห้ง พบว่าการใช้ Branch chain maltodextrin (Fiberose®) และ Ocetnyl succinic anhydride (OSA) ที่ 1:1 เป็นสารห่อหุ้ม และการใช้น้ำมันรำข้าวเป็นสารช่วยในตำรับ เป็นสภาวะที่เหมาะสม ทำให้ได้ผงแห้งที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดีและมีปริมาณกักเก็บน้ำมันที่สูง โดยผงแห้งที่ได้มีลักษณะแห้งร่วน มีการไหลในระดับดีถึงดีมาก และสามารถกักเก็บน้ำมันโหระพาและน้ำมันกระชายได้ 19.34% และ 20.04% ตามลำดับ

การศึกษาคงตัวของผงแห้งน้ำมันโหระพา ที่อุณหภูมิ 5°C, 30°C และ 40°C ในสภาวะที่บรรจุและไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน นาน 6 เดือน ทุกสภาวะการเก็บรักษาและการบรรจุผงแห้งยังมีลักษณะเป็นผงสีขาว ละเอียดเหมือนหลังการผลิตใหม่ แต่ความแรงของกลิ่นน้ำมันโหระพาในผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากันขึ้นกับสภาวะการเก็บรักษา โดยผงแห้งที่เก็บโดยการบรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจนจะมีกลิ่นน้ำมันโหระพามากกว่าผงแห้งที่ไม่ได้บรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจน และผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C มีกลิ่นของน้ำมันโหระพามากกว่าผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 40 °C พบกลิ่นหืนและผงเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บไว้นานกว่าหนึ่งเดือน ในขณะที่ ผงแห้งที่เก็บรักษาที่สภาวะอื่นๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงจากผงสีขาวเป็นสีเหลืองและมีกลิ่นหืน ในเดือนที่หก ยกเว้นผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C แบบบรรจุก๊าซไนโตรเจนยังคงมีกลิ่นและสีเหมือนกับเดือนแรกๆที่เตรียม เมื่อประเมินการกักเก็บน้ำมันโหระพาในผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาด้วยวิธี GC-MS โดยการใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และ Methyl chavicol เป็น standard marker พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยกักเก็บในผงแห้งน้ำมันโหระพามีปริมาณคงเหลือลดลงตามระยะเวลาและสภาวะที่เก็บรักษา โดยผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เก็บไว้ที่ 5 °C และ 30 °C มีปริมาณน้ำมันโหระพากักเก็บคงเหลือที่ต่ำกว่า 90% เมื่อเก็บไว้นาน 2 เดือน ในขณะที่ผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เก็บที่ 40 °C มีปริมาณน้ำมันโหระพากักเก็บคงเหลือที่ต่ำกว่า 90% เมื่อเก็บไว้นาน 1 เดือน และผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เก็บที่ 5 °C มีปริมาณน้ำมันหอมโหระพากักเก็บคงเหลือมากกว่าผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เก็บที่ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าผงแห้งที่เก็บด้วยการบรรจุก๊าซไนโตรเจนมีปริมาณน้ำมันโหระพากักเก็บคงเหลืออยู่น้อยกว่าผงแห้งที่ไม่ได้บรรจุก๊าซไนโตรเจน ดังนั้นสรุปได้ว่า ผงแห้งน้ำมันโหระพาจะมีความคงตัวทางกายภาพและเคมีที่ดี เมื่อเก็บในสภาวะที่เหมาะสมได้แก่ การเก็บในที่เย็นอุณหภูมิ 5 °C หรือ 30 °C นาน 1 เดือน

การศึกษาคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชาย ที่อุณหภูมิ 5 °C, 30 °C และ 40 °C ในสภาวะที่บรรจุและไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจนนาน 6 เดือน การเก็บที่สภาวะการเก็บรักษาและบรรจุที่อุณหภูมิ 5 °C และ 30 °C ผงแห้งยังคงมีลักษณะสีขาว ละเอียด เหมือนหลังผลิตใหม่ ส่วนผงแห้งน้ำมันกระชายที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 °C จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีชาวมเหลืองเมื่อเข้าสู่เดือนที่ 3 และความแรงของกลิ่นน้ำมันกระชายในผลิตภัณฑ์ที่เก็บ

รักษาในสภาวะต่างๆไม่เท่ากัน โดยผงแห้งน้ำมันกระชายซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 5 °C จะมีความแรงของกลิ่นน้ำมันกระชายมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ และการเก็บที่อุณหภูมิ 40 °C พบว่าผงแห้งน้ำมันกระชายกลิ่นของน้ำมันกระชายอ่อนลงมากและพบกลิ่นหืนเมื่อเก็บไว้นานกว่าหนึ่งเดือน ขณะที่การเก็บรักษาที่สภาวะอื่นๆ ในเดือนที่หกที่อุณหภูมิ 5°C และ 30°C ไม่พบกลิ่นหืนและยังคงมีกลิ่นของน้ำมันกระชายไม่แตกต่างจากผงแห้งที่ผลิตเสร็จใหม่ๆ เมื่อประเมินการกักเก็บน้ำมันกระชายในผงแห้งน้ำมันกระชายโดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันกระชายด้วยวิธี GC-MS ด้วยการใช้อีกเซนเป็นตัวทำลาย และ Methyl-cis-cinnamate เป็น standard marker พบว่าผงแห้งน้ำมันกระชายที่เก็บสภาวะอุณหภูมิ 5 °C มีปริมาณน้ำมันกระชายกักเก็บคงเหลือมากที่สุดตามด้วยผงแห้งที่เก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าผงแห้งน้ำมันกระชายที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C และ 30 °C มีปริมาณน้ำมันกระชายกักเก็บคงเหลือมากกว่า 90% เมื่อเก็บไว้นาน 6 เดือน และการบรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจน และไม่บรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจนส่งผลต่อความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชายไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากการบรรจุผงแห้งน้ำมันกระชายจนเต็มขวดและไม่เหลืออากาศเหนือผงแห้งน้ำมันกระชาย จึงไม่มีช่องว่างเหนือผงแห้งที่ทำให้เกิดการระเหยน้ำมันกระชาย จากผลการศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชาย สามารถสรุปได้ว่าผงแห้งน้ำมันกระชายจากสูตรตำรับที่เตรียมขึ้นนี้มีมีความคงตัวที่ดีเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 5 °C และ 30 °C เป็นเวลานาน 6 เดือน

เอกสารอ้างอิง

- 1 นันทวัน บุญยะประภัศร รายงานความก้าวหน้า โครงการการศึกษาหาสารออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อบิดในไก่ จากพืชสวนครัว สำนักงานคณะกรรมการกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552.
- 2 Dihora JO, Chapman BE: Encapsulated oil particles, 2003.
- 3 Bylaitė E, Rimantas Venskutonis P, Mapdpirienė R: Properties of caraway (*carum carvi* L.) essential oil encapsulated into milk protein-based matrices. *Eur Food Res Techno* 2001;212:661-670.
- 4 Benita S (ed) *Microencapsulation - methods and industrial applications*. ed. New York, Marcel Dekker, 1996.
- 5 Fuchs M, Turchiuli C, Bohin M, Cuvelier ME, Ordonnaud C, Peyrat-Maillard MN, Dumoulin E: Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *J Food Eng* 2006;75:27-35.
- 6 Buffo R, Reineccius G: Optimization of gum acacia/ modified starch/ maltodextrin blends for the spray drying of flavours. *Perfumer & Flavourist* 2000;25:37-51.
- 7 Barrier P, Rousseau JY: New fluid powder containing micro-encapsulated fish oil, 1998.
- 8 Robert P, Carlsoso RM, Romero N, Masson L: Stability of spray-dried encapsulated carotenoid pigments from *rosa mosqueta* (*rosa rubiginosa*) oleoresin. *JAOCS* 2003;80:1115-1120.
- 9 Konstance RP, Onwulata CI, Holsinger VH: Flow properties of spray-dried encapsulated butteroil. *J Food Sci* 1995;60:841-844.
10. Knecht RJ, Brink H. Improvement of the drying oven method for the determination of the moisture content of milk powder. *Int Dairy J* 1998; 8: 733-8.
11. Thalberg K, Lindholm D, Axelsson. Comparison of different flowability test for powders for inhalation. *Powder Tech* 2004; 146: 206-13.
12. Santomaso A, Lazzaro P, Canu P. Powder flowability and density ratios: the impact of granules packing. *Chem En Sci* 2003; 58: 2857-74.
13. Antequeta MV, Ruyz AM, Peries MC. Evaluation of an adequate method of estimating flowability according to powder characteristics. *Int J Pharm* 1994; 103: 455-61.
14. Asian Guideline on Stability Study of Drug Product (Update revision : 22 February 2005)
15. แนวทางการทดสอบความคงสภาพยาและผลิตภัณฑ์ยา ปี 2547 (กองควบคุมยา สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข)
16. Kaushik V, Roos YH. Limonene encapsulation in freeze-drying of gum arabic-sucrose-gelatin systems. *LWT* 2007; 40: 1381-91.
17. Krishnan S, Kshirsagar AC, Singhal RS. The used of gum arabic and modified starch in the microencapsulation of a food flavoring agent. *Carbohydr Polym* 2005; 62: 309-15.

18. Drusch S, Berg S. Extractable oil in microcapsules prepared by spray-drying: localisation, determination and impact on oxidative stability. Food Chem 2008; 109: 17-24.
19. Fuchs M, Turchiuli C, Bohin M, et al. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed agglomeration. J Food Eng 2006; 75: 27-35.
20. Gharsallaoui A, Roudaut G, Chambin O, Voilley A, Saurel R. Application of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. Food Res Int 2007; 40: 1107-21.
21. Sootititawatt A, Takayama K, Okamura K, et al. Microencapsulation of l-menthol by spray drying and its release characteristics. IFSET 2005; 6: 163-70.

ภาคผนวก
(Appendix)

บทความสำหรับเผยแพร่

พืชพื้นเมืองหลายชนิดมีบทบาทในการช่วยป้องกันและรักษาโรคได้ เช่น โหระพา กระเพรา กระชาย และ พริก เป็นต้น มีรายงานว่าโหระพาและกระชายให้ผลดีต่อการยับยั้งเชื้อบิดในไก่ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะใช้เพื่อเป็น สารเสริมอาหารที่สามารถใช้ทดแทนเพื่อลดการใช้ยาปฏิชีวนะในการป้องกันโรคบิดในไก่ อย่างไรก็ตามน้ำมัน เหล่านี้อาจเกิดการเสื่อมสลายด้วยการถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายจากปัจจัยกระตุ้นภายนอกหรือเกิดระเหยได้ง่ายเมื่อสัมผัส กับอากาศ ดังนั้นการห่อหุ้มหรือการเคลือบจึงอาจช่วยเพิ่มความคงตัว นอกจากนี้ยังช่วยเปลี่ยนรูบน้ำมันจาก ของเหลวหรือให้อยู่ในรูปผงยาที่มีการไหลที่สะดวกต่อการนำไปใช้ผสมเป็นสารเสริมอาหารสำหรับสัตว์ได้

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาและศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันโหระพา และผงแห้งน้ำมันกระชาย ที่เตรียมด้วยวิธีพ่นแห้ง การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยพบว่าประสิทธิภาพการดูดซับของสารช่วยต่าง เป็นดังนี้ Silica (Sipemat[®] 50) > Ocetnyl succinic anhydride (OSA) > Branch chain maltodextrin (Fibrose[®]) นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาที่กักเก็บสามารถทำได้ด้วยการสกัดด้วยตัวทำ ละลาย น้ำ:เฮกเซน 4:3 จำนวน 3 รอบ แล้วนำสารสกัดเฮกเซนที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS จากการศึกษาการ เตรียมผงแห้งน้ำมันโหระพาและกระชายด้วยวิธีพ่นแห้ง พบว่าการใช้ Fibrose[®] และ OSA ที่ 1:1 เป็นสารห่อหุ้ม และการใช้น้ำมันรำข้าวเป็นสารช่วยในตำรับ เป็นสภาวะที่เหมาะสม ทำให้ได้ผงแห้งที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดีและ มีปริมาณกักเก็บน้ำมันที่สูง โดยผงแห้งที่ได้มีลักษณะแห้งร่วน มีการไหลในระดับดีถึงดีมาก และสามารถกักเก็บ น้ำมันโหระพาและน้ำมันกระชายได้ 19.34% และ 20.04% ตามลำดับ

การศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันโหระพา ที่อุณหภูมิ 5°C, 30°C และ 40°C ในสภาวะที่บรรจุและไม่ บรรจุก๊าซไนโตรเจน นาน 6 เดือน พบว่าผงแห้งน้ำมันโหระพามีความคงตัวไม่เท่ากันขึ้นกับสภาวะของการเก็บรักษา โดยผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เก็บที่อุณหภูมิ 5 °C มีกลิ่นของน้ำมันโหระพามากกว่าผงแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ เมื่อประเมินการกักเก็บน้ำมันโหระพาในผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน โหระพาด้วยวิธี GC-MS โดยการใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และใช้ Methyl chavicol เป็น standard marker พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยกักเก็บในผงแห้งน้ำมันโหระพามีปริมาณคงเหลือลดลงตามระยะเวลาและสภาวะที่เก็บ รักษา โดยผงแห้งน้ำมันโหระพาที่เก็บที่ 5 °C มีปริมาณน้ำมันหอมโหระพากักเก็บคงเหลือมากกว่าผงแห้งน้ำมัน โหระพาที่เก็บที่ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าผงแห้งที่เก็บด้วยการบรรจุก๊าซไนโตรเจนมี ปริมาณน้ำมันโหระพากักเก็บคงเหลืออยู่น้อยกว่าผงแห้งที่ไม่ได้บรรจุก๊าซไนโตรเจน ดังนั้น ผงแห้งน้ำมันโหระพามี ความคงตัวทางกายภาพและเคมีที่ดี เมื่อเก็บในสภาวะที่เหมาะสมได้แก่ การเก็บในที่เย็นอุณหภูมิ 5 °C หรือ 30 °C นาน 1 เดือน

การศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชาย ที่อุณหภูมิ 5 °C, 30 °C และ 40 °C ในสภาวะที่บรรจุและ ไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน นาน 6 เดือน พบว่าผงแห้งน้ำมันกระชายซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 5 °C จะมีความแรงของกลิ่นน้ำมัน กระชายมากกว่าการเก็บที่อุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ และการเก็บที่อุณหภูมิ 40 °C พบว่าผงแห้งน้ำมัน กระชายกลิ่นของน้ำมันกระชายอ่อนลงมากและพบกลิ่นหืนเมื่อเก็บไว้นานกว่าหนึ่งเดือน ขณะที่การเก็บรักษาที่ สภาวะอื่นๆ ในเดือนที่หกที่อุณหภูมิ 5°C และ 30°C ไม่พบกลิ่นหืนและยังคงมีกลิ่นของน้ำมันกระชายไม่แตกต่างจาก

ผงแห้งที่ผลิตเสร็จใหม่ๆ เมื่อประเมินการกักเก็บน้ำมันกระชายในผงแห้งน้ำมันกระชายโดยการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันกระชายด้วยวิธี GC-MS ด้วยการใส่เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และ Methyl-cis-cinnamate เป็น standard marker พบว่าผงแห้งน้ำมันกระชายที่เก็บสภาวะอุณหภูมิ 5 °C มีปริมาณน้ำมันกระชายกักเก็บคงเหลือมากที่สุดตามด้วยผงแห้งที่เก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 30 °C และ 40 °C ตามลำดับ และการบรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจน และไม่บรรจุด้วยก๊าซไนโตรเจนส่งผลต่อความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชายไม่แตกต่างกัน ดังนั้นผงแห้งน้ำมันกระชายจากที่พัฒนาขึ้นนี้มีความคงตัวที่ดีเมื่อเก็บรักษาที่สภาวะอุณหภูมิ 5 °C และ 30 °C เป็นเวลานาน 6 เดือน

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

1. การนำผลประโยชน์ไปใช้ในเชิงพาณิชย์

- 1.1 การรวบรวมข้อมูลสถิติบัตรเป็นงานประดิษฐ์ที่มีคุณค่าต่ออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง
- 1.2 นำผลการวิจัยไปขยายการผลิตในระดับอุตสาหกรรม เพื่อจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร
ทดแทนการนำเข้าผลิตภัณฑ์ต่างประเทศ เป็นการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของประเทศ
- 1.3 สามารถผลิตและส่งจำหน่ายผลิตภัณฑ์ผงแห้งน้ำมันโหระพาและกระชายไปยังประเทศข้างเคียง ทำให้มีเงินตราเข้าประเทศมากขึ้น
- 1.4 เป็นการนำเอาพืชสมุนไพรไทยมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการปลูกและการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรในประเทศ ทำให้เพิ่มรายได้ต่อเกษตรกรต่อไป

2. การเผยแพร่งานวิจัย

- 2.1 จัดทำเป็นรายงานการวิจัย เผยแพร่ให้ผู้สนใจใช้ศึกษาและค้นคว้า
- 2.2 การรวบรวมข้อมูลเพื่อตีพิมพ์วารสารวิชาการ เผยแพร่ข้อมูลทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย
อื่นๆที่สนใจ
- 2.3 การรวบรวมข้อมูลจัดทำเป็นเอกสารเผยแพร่ให้ผู้สนใจทั่วไป

ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางไว้ กิจกรรมดำเนินการ และผลที่ได้รับตลอด
โครงการ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
1. เพื่อให้ได้ผง แห้งน้ำมัน โหระพา	1.1 จัดซื้อและควบคุม คุณภาพน้ำมันโหระพา 1.2 การเตรียมผงแห้ง น้ำมันโหระพา 1.3 การประเมิน คุณสมบัติทาง กายภาพของผงแห้ง น้ำมันโหระพา	1.1 ควบคุมคุณภาพน้ำมันโหระพา ด้วยการวิเคราะห์ด้วย GC-MS 1.2 เตรียมผงแห้งน้ำมันโหระพา ด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ การบดผสม และการพ่นแห้ง โดยใช้สารช่วย ต่างๆ ได้แก่ Silica (Sipernat® 50), Ocetnyl succinic anhydride (OSA) และ Branch chain maltodextrin (Fiberose®) 1.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ของผงแห้งน้ำมันโหระพา 1.3.1 การไหลด้วยวิธีการวัดการ ไหลผ่านกรวยแก้วที่มีรูเปิดขนาด ต่างๆกัน และการวัดค่า angle of repose 1.3.2 การประเมินค่าการกักเก็บ น้ำมันโหระพาในผงแห้ง	1.1 วิเคราะห์หาน้ำมันโหระพาด้วย GC-MS ด้วยการใช้น้ำมันเป็นตัวทำ ละลาย และ Methyl chavicol เป็น standard marker 1.2 ข้อมูลประสิทธิภาพการดูดซับของ สารช่วย Sipernat® 50 > OSA > Fiberose® 1.3 วิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพาที่ กักเก็บสามารถทำได้ด้วยการสกัดด้วย ตัวทำละลาย น้ำ:hexane 4:3 จำนวน 3 รอบ แล้วนำสารสกัด hexane ที่ได้ ไปวิเคราะห์ด้วยวิธี GC-MS 1.4 สภาวะที่เหมาะสมการพ่นแห้ง เพื่อให้ได้ผงแห้งน้ำมันโหระพา คือ การใช้ Fiberose® และ OSA ที่ 1:1 เป็นสารหล่อหุ้ม และน้ำมันรำข้าวเป็น สารช่วย จะได้ผงแห้งน้ำมันโหระพาที่ มีลักษณะทางกายภาพที่ดีและมี ปริมาณกักเก็บน้ำมันสูง 19.34%
2. เพื่อได้ข้อมูล ความคงตัวของ ผงแห้งน้ำมัน โหระพา	2.1 การศึกษาความคง ตัวของผงแห้งน้ำมัน โหระพาที่สภาวะต่างๆ	2.1 ศึกษาความคงตัวของผงแห้ง น้ำมันโหระพาที่ 3 อุณหภูมิ 5°C, 30°C และ 40°C ในสภาวะที่บรรจุ และไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน นาน 6 เดือน	2.1 ข้อมูลความคงตัวของผงแห้งน้ำมัน โหระพา คือ การเก็บในที่เย็นอุณหภูมิ 5 °C หรือ 30 °C นาน 1 เดือน

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
		2.2 ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพที่เวลาต่างๆ 2.3 วิเคราะห์ปริมาณน้ำมันโหระพากักเก็บคงเหลือที่เวลาต่างๆกัน	
3. เพื่อให้ได้ผงแห้งน้ำมันกระชาย	3.1 จัดซื้อและควบคุมคุณภาพน้ำมันกระชาย 3.2 การเตรียมผงแห้งน้ำมันกระชาย 3.3 การประเมินคุณสมบัติทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันกระชาย	3.1 ควบคุมคุณภาพน้ำมันกระชายด้วยการวิเคราะห์ด้วย GC-MS 3.2 เตรียมผงแห้งน้ำมันโหระพาด้วย Fiberose® และ OSA ที่อัตราส่วนต่างๆกัน 3.3 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผงแห้งน้ำมันโหระพา 3.3.1 การไหลด้วยวิธีการวัดการไหลผ่านกรวยแก้วที่มีรูเปิดขนาดต่างๆกัน และการวัดค่า angle of repose 3.3.2 การประเมินค่าการกักเก็บน้ำมันโหระพาในผงแห้ง	1.1 วิธีวิเคราะห์น้ำมันกระชายด้วย GC-MS ด้วยการใช้น้ำมัน hexane เป็นตัวทำละลาย และ Methyl-cis-cinnamate เป็น standard marker 3.2 สภาพที่เหมาะสมการพ่นแห้งเพื่อให้ได้ผงแห้งน้ำมันกระชาย คือ การใช้ Fiberose® และ OSA ที่ 1:1 เป็นสารหล่อหุ้ม และน้ำมันรำข้าวเป็นสารช่วย จะได้ผงแห้งน้ำมันกระชายที่มีลักษณะทางกายภาพที่ดีและมีปริมาณกักเก็บน้ำมันสูง 20.04%
4. เพื่อได้ข้อมูลความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชาย	4.1 การศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชายที่สภาวะต่างๆ	4.1 ศึกษาความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชายที่ 3 อุณหภูมิ 5°C, 30°C และ 40°C ในสภาวะที่บรรจุและไม่บรรจุก๊าซไนโตรเจน นาน 6 เดือน 4.2 ประเมินคุณสมบัติทางกายภาพที่เวลาต่างๆ 4.3 วิเคราะห์ปริมาณน้ำมันกระชายกักเก็บคงเหลือที่เวลาต่างๆกัน	2.1 ข้อมูลความคงตัวของผงแห้งน้ำมันกระชาย คือ การเก็บในที่เย็นอุณหภูมิ 5 °C หรือ 30 °C นาน 6 เดือน