

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ส้มซ่าเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ขาดไม่ได้ในการทำอาหารไทยหลายชนิดที่ต้องการกลิ่นหอมเฉพาะตัว เช่น หมี่กรอบ ปลาแนม หมูแนม กะปิพล่า โดยจะนำส่วนผิวสีเขียวหั่นละเอียด โรยหรือผสมในอาหาร เนื่องจากส้มซ่าจะมีผลเป็นฤดูกาล ดังนั้น ในบางช่วงเวลาจะไม่มีผิวส้มซ่าสำหรับประกอบอาหาร ทำให้อาหารที่ต้องใช้ผิวส้มซ่าขาดเอกลักษณ์ที่สำคัญไป ดังนั้นการศึกษารองคประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยในผิวส้มซ่าเพื่อรู้สาระสำคัญที่ให้กลิ่น และการเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้จากการสกัดด้วยวิธีต่างกันจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาเพื่อผลิตสารให้กลิ่นในรูปแบบของเหลวหรือผงที่สามารถเติมลงไปในการทำอาหารไทยได้จะช่วยให้อาหารมีรสชาติที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยแก้ปัญหาขาดส้มซ่าในช่วงนอกฤดูกาล ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำอาหารไทยต่อไป

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาสารสำคัญที่ให้กลิ่นผิวส้มซ่า

1.2.2 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้จากวิธีต่าง ๆ กันคือ การกลั่นด้วยไอน้ำ การบีบเย็น การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว และการสกัดด้วยตัวทำละลาย

1.2.3 ศึกษาแนวทางเบื้องต้นเพื่อใช้ในอาหารไทย

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เป็นสารศึกษาสารสำคัญที่ให้กลิ่นผิวส้มซ่าและการเปลี่ยนแปลงของสารเหล่านี้โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GCMS ในระดับห้องปฏิบัติการ จากนั้นศึกษาแนวทางเบื้องต้นในการนำสารสกัดนี้ไปใช้ในอาหารไทย

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มซ่าและนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารทดแทนเปลือกส้มซ่าสดได้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ส้มซ่า (ชยันต์, 2556)

ส้มซ่า (*Citrus aurantium* var. *aurantium*) เป็นพืชในวงศ์ Rutaceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูง 7-10 เมตร มีหนามยาวตามลำต้น ใบเป็นใบประกอบแบบลดรูป เหลือใบย่อยใบเดียว ยาว 7.5-10 เซนติเมตร ปลายใบแหลม โคนใบกลม เนื้อใบหนาเป็นมัน มีต่อมน้ำมันอยู่ทั่วไป ก้านใบมีปีก ดอกสีขาว มีกลิ่นหอม ออกเดี่ยวหรือเป็นช่อเล็ก ๆ ตามซอกใบหรือปลายกิ่ง ผลส้มซ่ามีลักษณะกลม ขนาดใกล้เคียงกับผลมะนาว เปลือกหนา เปลือกนอกเป็นสีเขียวอมน้ำตาล ผิวขรุขระเล็กน้อย เนื้อในสีขาวคล้ายส้มโอ รสเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อย เชื่อว่าส้มซ่าเป็นพืชพื้นเมืองแถบอินโดจีน เคยปลูกมากในประเทศไทย ปัจจุบันปลูกน้อยลง ส่วนมากจะปลูกไว้เพื่อใช้ผิวแต่งกลิ่นอาหาร เช่น หมี่กรอบ ปลาแรม น้ำคั้นจากส้มซ่านำมาปรุงรสอาหารประเภทยำต่าง ๆ ได้ โดยมีรสเปรี้ยวน้อยกว่าและอมหวานมากกว่าน้ำมะนาว

#### 2.2 น้ำมันหอมระเหย (ประเทืองศรี, 2547)

น้ำมันหอมระเหยเป็นกลุ่มสารอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเด่น คือ มีกลิ่นหอม ระเหยได้ที่อุณหภูมิห้อง พบในพฤษภชาตินานาชนิด โดยสะสมอยู่ในบริเวณผนังเซลล์ เป็นผลพลอยได้ที่เกิดขึ้นจากการเจริญเติบโต (metabolism) ซึ่งประกอบด้วย 2 กระบวนการคือ การเผาผลาญ (catabolism) และการสร้าง (anabolism) น้ำมันหอมระเหยต่างจากน้ำมันทั่วไป (fixed oil) หรือ fatty oil ตรงที่น้ำมันนี้อยู่ในเซลล์พืช ระเหยได้ในอุณหภูมิห้อง มีองค์ประกอบแตกต่างกัน ซึ่งตรวจสอบได้โดยอาศัยรังคเลข (chromatography) น้ำมันหอมระเหยอยู่ในต่อมหรือท่อภายในส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช โดยมีปริมาณและชนิดของสารประกอบแตกต่างกันไปในแต่ละส่วน ส่วนหนึ่งอาจจะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าอีกส่วนหนึ่ง พืชที่ส่วนดอกมีกลิ่นหอมมากที่สุด เช่น กระเพรา โหระพา มินท์ ยูคาลิปตัส พืชที่ส่วนผลมีกลิ่นหอม เช่น กระวาน พืชที่ส่วนเปลือกมีกลิ่นหอม เช่น อบเชย พืชที่ส่วนต้นมีกลิ่นหอม เช่น จันทนา ไม้กฤษณา พืชที่ส่วนรากและเหง้ามีกลิ่นหอม เช่น ขิง ข่า ขมิ้น ปริมาณและคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายประการ เช่น ดิน ภูมิอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความสูงจากระดับน้ำทะเล การเก็บเกี่ยว ตลอดจนเทคนิควิธีการสกัดและการกลั่นใส

#### 2.3 วิธีการแยกน้ำมันหอมระเหยจากพืช

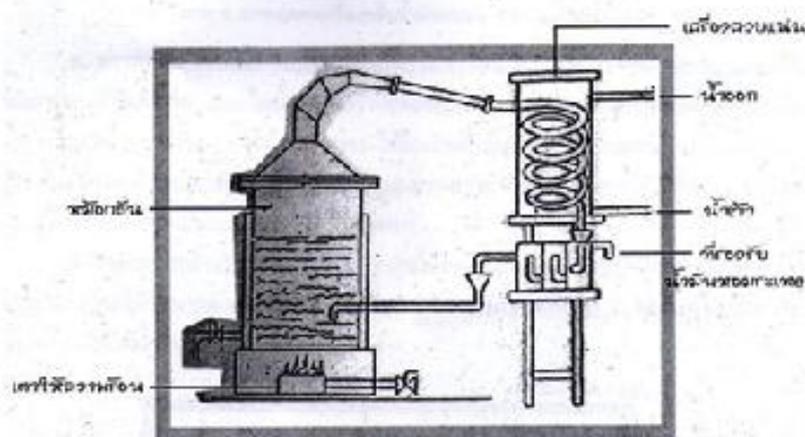
การแยกน้ำมันหอมจากพืชในธรรมชาติทำได้หลายวิธี เช่น การกลั่น การบีบ การสกัดด้วยตัวทำละลาย การสกัดโดยใช้ตัวดูดซับชนิดต่าง ๆ การเลือกวิธีการแยกน้ำมันหอมระเหยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ส่วนของพืชที่มีน้ำมันหอมระเหย เช่น ใบ เปลือกผล ลำต้น ดอก คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของน้ำมันหอมระเหยที่ต้องการ ความบริสุทธิ์ของน้ำมันหอมระเหย และวัตถุประสงค์ของการนำน้ำมันหอมระเหยไปใช้ (ฐาปนีย์, 2550)

### 2.3.1 การกลั่น (distillation)

หลักการของการกลั่นคือ น้ำร้อนหรือไอน้ำเข้าไปแยกน้ำมันหอมระเหยออกจากพืชโดยการแทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อพืช ความร้อนจะทำให้ไขมันหอมระเหยกลายเป็นไอปนมากับน้ำร้อนหรือไอน้ำ อย่างไรก็ตาม การกลั่นเพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพดีนั้น ต้องอาศัยเทคนิคทางเคมีและกายภาพหลายอย่างประกอบกัน โดยทั่วไปเทคนิคการกลั่นน้ำมันหอมระเหยที่ใช้กันอยู่มี 3 วิธี ได้แก่

#### 2.3.1.1 การกลั่นด้วยน้ำร้อน (water distillation/hydro-distillation)

เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของการกลั่นน้ำมันหอมระเหย การใช้วิธีนี้พืชที่กลั่นต้องแช่อยู่ในน้ำเดือดทั้งหมด พืชบางชนิดซึ่งเบาอาจจะลอยก็ได้ แล้วแต่ความถ่วงจำเพาะของพืชนั้น ให้ความร้อนหรือต้มจนเดือด เมื่อน้ำเดือดแล้วจะกลายเป็นไอน้ำ หลังจากนั้นทั้งไอน้ำและน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะเคลื่อนที่เข้าสู่เครื่องควบแน่นกลายเป็นน้ำและน้ำมันหอมระเหยซึ่งแยกออกจากกันตามแรงโน้มถ่วงของโลก การกลั่นน้ำมันหอมระเหยวิธีนี้ใช้กับของที่ติดกันง่าย เช่น ใบไม้บาง ๆ กลีบดอกไม้อ่อน ๆ ลักษณะของเครื่องกลั่นแสดงในภาพที่ 2.1 ข้อควรระวังในการกลั่นโดยวิธีนี้คือ พืชจะได้รับความร้อนไม่สม่ำเสมอตรงกลางมักจะได้น้ำมันมากกว่าด้านข้าง ซึ่งจะมีปัญหาในการไหม้ของตัวอย่าง กลิ่นไหม้จะปนมากับน้ำมันหอมระเหยและมีสารไม่พึงประสงค์ติดมาในน้ำมันหอมระเหยได้ (ประเทืองศรี, 2547; ฐาปนีย์, 2550)

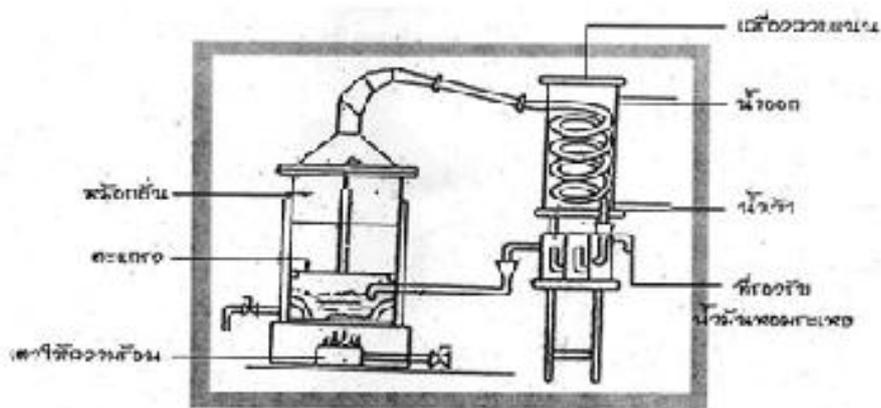


ภาพที่ 2.1 เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำร้อน

ที่มา : ประเทืองศรี สิ้นชัยศรี, 2547

#### 2.3.1.2 การกลั่นด้วยน้ำและไอน้ำ (water and steam distillation)

การกลั่นโดยวิธีนี้ใช้ตะแกรงรองพืชให้อยู่เหนือระดับน้ำในหม้อกลั่น ต้มให้เดือด ไอน้ำจะลอยตัวขึ้นไปผ่านพืชหรือตัวอย่างที่จะกลั่น ส่วนน้ำจะไม่ถูกตัวอย่างเลย ไอน้ำจากน้ำเดือดเป็นไอน้ำที่อึมตัวหรือที่เรียกว่า ไอเปียก ไม่ร้อนจัด เป็นการกลั่นที่สะดวกที่สุด คุณภาพของน้ำมันดีกว่าวิธีแรก การกลั่นแบบนี้ใช้กันอย่างกว้างขวางในการผลิตน้ำมันหอมระเหยทางการค้า ลักษณะของเครื่องกลั่นแสดงในภาพที่ 2.2 (ประเทืองศรี, 2547)



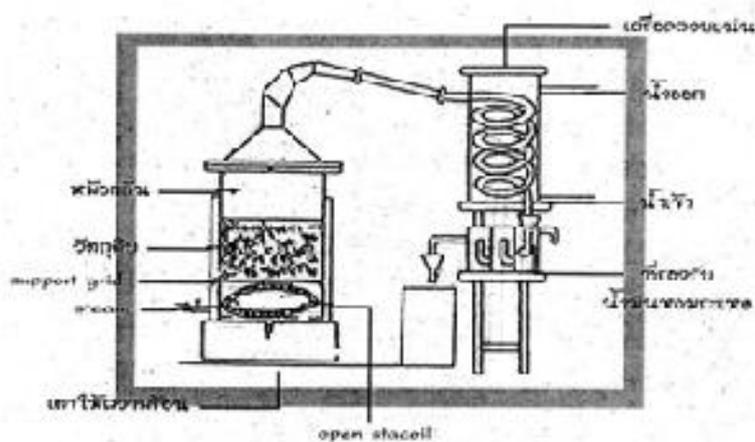
ภาพที่ 2.2 เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยน้ำและไอน้ำ

ที่มา : ประเทืองศรี สินชัยศรี, 2547

### 2.3.1.3 การกลั่นด้วยไอน้ำ (direct steam distillation)

วิธีนี้จะวางพืชบนตะแกรงในหม้อกลั่นซึ่งไม่มีน้ำอยู่เลย ไอน้ำภายนอกที่เข้าไปในหม้อกลั่นอาจจะเป็นไอน้ำเปียกหรือไอร้อนจัดที่มีความดันสูงกว่าบรรยากาศ โดยส่งไปตามท่อใต้ตะแกรงให้ไอน้ำพุ่งขึ้นไปถูกพืชบนตะแกรง ไอน้ำต้องมีปริมาณเพียงพอที่จะทำให้ น้ำมันระเหยออกมาจากพืช

ข้อดีของการกลั่นวิธีนี้คือ สามารถกลั่นได้อย่างรวดเร็ว ไม่ต้องเสียเวลารอให้ร้อน เพราะสามารถปล่อยไอน้ำเข้าไปได้เลย บรรจุวัตถุดิบที่จะนำมากลั่นในหม้อกลั่นได้มาก ทำให้ได้น้ำมันหอมระเหยมาก ลักษณะของเครื่องกลั่นแสดงในภาพที่ 2.3 (ประเทืองศรี, 2547)



ภาพที่ 2.3 เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ

ที่มา : ประเทืองศรี สินชัยศรี, 2547

การกลั่นทั้ง 3 วิธีมีการแพร่กระจายของน้ำมันหอมระเหยและน้ำร้อนผ่านเยื่อบาง ๆ ของพืช เกิดการไฮโดรไลซ์สารองค์ประกอบต่างๆ เนื่องจากสัมผัสกับน้ำตลอดเวลา ตลอดจนเกิดการสลายตัวของสารในน้ำมันหอมระเหยเนื่องจากความร้อน ถึงแม้ว่าก่อนนำพืชมากลั่นจะต้องหั่นหรือทำให้

เซลล์แตก เพื่อจุดประสงค์ให้น้ำมันหอมระเหยออกมาจากเซลล์ได้ง่าย น้ำมันหอมระเหยบางส่วนที่อยู่ผิว จะถูกทำให้กลายเป็นไออย่างรวดเร็วด้วยไอน้ำ น้ำมันส่วนที่เหลือภายในจะออกมาสู่ผิวได้โดยการซึมผ่านผนังบาง ๆ ของพืชและจะเกิดขึ้นได้ดีที่อุณหภูมิสูง แต่ข้อเสียที่เกิดขึ้นคือ ที่อุณหภูมิสูงสารประกอบพวก เอสเทอร์จะถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดและแอลกอฮอล์ได้ง่าย ดังนั้นเพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยที่มีคุณภาพดี ที่สุด ควรลั่นที่อุณหภูมิต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ หากได้น้ำมันน้อยอาจใช้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่ใช้เวลาสั้นที่สุด การกลั่นจะต้องพิจารณาให้รอบคอบ ควบคุมอุณหภูมิและเวลาให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่สุด (ประเทืองศรี, 2547)

### 2.3.2 การบีบอัด (pressing)

การบีบอัด เป็นวิธีที่สามารถแยกสารหอมจากพืชที่มีน้ำมันหอมระเหยอยู่บริเวณเปลือก โดยเฉพาะพืชตระกูลส้ม เช่น ส้ม มะนาว มะกรูด วิธีบีบคั้นน้ำมันหอมระเหยออกจากเปลือกพืชตระกูลส้ม ทำได้ 3 วิธี คือ sponge process, ecuelle method และ machine process

sponge process เป็นวิธีการง่าย ๆ ใช้เครื่องมือที่ประกอบด้วยไม้ 2 แผ่น มีบานพับติดอยู่ ด้านหนึ่ง ด้านตรงข้ามมีด้ามสำหรับกดยกขึ้นลง บริเวณตรงกลางของไม้จะบุด้วยฟองน้ำ ซึ่งเป็นบริเวณที่จะ นำพืชที่ต้องการบีบอัดมาวางจากนั้นใช้แรงกด น้ำมันจะถูกบีบออกจากเปลือกและฟองน้ำจะดูดซับไว้ เมื่อ ได้น้ำมันมากพอ น้ำมันจะไหลออกมาสู่ภาชนะรองรับ น้ำมันที่ได้จะต้องตั้งทิ้งไว้เพื่อแยกน้ำมันออกจากน้ำ จากนั้นต้องไปผ่านขั้นตอนการทำบริสุทธิ์ต่อไป

ecuelle method ใช้ถังกลมที่มีเข็มเล็ก ๆ อยู่บริเวณด้านในของถัง วิธีใช้จะนำพืชมาใส่ใน ถังแล้วหมุนให้รอบ เพื่อให้เข็มทิ่มแทงเซลล์ตอมน้ำมันของพืชที่กึ่งอยู่ในถัง น้ำมันจะซึมออกมาทางช่องที่ จัดไว้ วิธีการนี้จะได้ปริมาณน้ำมันน้อยกว่าวิธี sponge process

machine process จะใช้เครื่องมือที่มีกำลังสูงเพื่อบีบคั้น จะได้ทั้งน้ำผลไม้และน้ำมัน ออกมา จากนั้นกรองน้ำมันที่ได้แล้วนำไปกลั่นภายใต้สุญญากาศ จะได้น้ำมันที่บริสุทธิ์ (ธาริณี, 2552)

### 2.3.3 การสกัดโดยใช้ตัวทำละลาย (solvent extraction)

การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายจะใช้หลักความสามารถของการละลายในตัวทำละลายของสาร ระเหย ถ้าต้องการศึกษาสารระเหยทั้งหมดก็ไม่จำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายที่จำเพาะ แต่ถ้าต้องการศึกษาสาร ระเหยประเภทใดประเภทหนึ่ง จะต้องเลือกตัวทำละลายที่สามารถแยกสารดังกล่าวได้ดีและไม่ละลายสาร อื่นออกมา สำหรับการสกัดสามารถแบ่งออกตามชนิดวัตถุได้เป็น 2 แบบ คือการสกัดของเหลวด้วย ของเหลว (liquid-liquid extraction) และการสกัดของแข็งด้วยของเหลว (solid-liquid extraction) การ สกัดของเหลวด้วยของเหลว อาศัยหลักการใช้ตัวทำละลายของเหลวชนิดหนึ่งสกัดตัวถูกละลายออกจาก ของเหลวอีกชนิดหนึ่ง มีด้วยกัน 2 วิธีคือ การสกัดแบบกะและการสกัดอย่างต่อเนื่อง ส่วนการสกัดของแข็ง ด้วยของเหลว อาศัยหลักการใช้ตัวทำละลายสกัดตัวถูกละลายออกจากของแข็ง การสกัดวิธีนี้ขึ้นอยู่กับ การละลายของตัวถูกละลายในตัวทำละลายและเวลาที่ใช้ในการสกัด เวลาที่ใช้จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับลักษณะ ของตัวถูกละลายที่อยู่ในตัวอย่างของแข็ง ถ้าตัวถูกละลายเพียงดูดซับที่ผิวของแข็งการสกัดก็จะใช้เวลาสั้น แต่ถ้าวถูกละลายอยู่ในโครงร่างผลึกของของแข็งก็ต้องใช้เวลามากกว่า (ธาริณี, 2552)

การสกัดโดยใช้ตัวทำละลายจะได้น้ำมันหอมระเหยที่มีกลิ่นคงเดิมเพราะไม่เกิดการสลายตัว เนื่องจากไม่ใช้ความร้อน แต่มีข้อเสียคือต้นทุนในการสกัดค่อนข้างสูง การเลือกตัวทำละลายเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะจะมีผลต่อคุณภาพของน้ำมันหอมระเหย โดยส่วนใหญ่ตัวทำละลายที่ใช้ควรมีสมบัติดังนี้

- ละลายน้ำมันหอมระเหยจากพืชได้อย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว แต่ละลายสารปนเปื้อนหรือ สารเจือปนได้น้อยที่สุด

- จุดเดือดต่ำ เพื่อให้กลิ่นแยกตัวทำละลายออกได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูง แต่จุดเดือดไม่ควรต่ำเกินไป เพราะจะทำให้สูญเสียตัวทำละลายมากในขณะที่สกัด

- ไม่ควรทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

ตัวทำละลายที่นิยมใช้ได้แก่ เบนซิน พิโตรเลียมอีเทอร์ และเฮกเซน วิธีการสกัดทำโดยนำ ส่วนของพืชที่ต้องการแยกน้ำมันหอมมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ใส่ในหม้อสกัด ค่อย ๆ เติมตัวทำละลายลงไปให้ ละลายน้ำมันหอมระเหยออกมา อาจมีส่วนของไขและสารอื่นเจือปนออกมาด้วย หลังจากนั้นนำสารละลาย ที่ได้ไประเหยโดยการกลั่นที่อุณหภูมิต่ำกว่าใต้ความดัน ส่วนที่เหลืออยู่เรียกว่า concrete นำไปแยกส่วนของ ไขและสารเจือปนอื่น ๆ โดยการล้างด้วยแอลกอฮอล์ซ้ำหลายครั้ง ส่วนที่ได้นี้เรียกว่า absolute ทำการ สกัดเช่นนี้เรื่อยไปจนได้น้ำมันหอมระเหยออกมาจนหมด (ฐาปนีย์, 2550)

#### 2.3.4 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ (supercritical carbon dioxide fluid extraction, SFE)

คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติหมายถึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในสถานะของไหล ซึ่ง จะต้องอยู่เหนือสภาวะอุณหภูมิและความดันวิกฤติ โดยสมบัติจะอยู่ระหว่างก๊าซและของเหลว คาร์บอนไดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤติ (31.1 องศาเซลเซียส) ความดันสูงกว่าความดันวิกฤติ (73 บรรยากาศ, 1072.80 พีเอสไอ) จะแพร่กระจายอยู่ในสถานะบรรจุได้ มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับ ของเหลว คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติเป็นตัวทำละลายที่มีบทบาทในการสกัดสารต่าง ๆ เนื่องจาก ปราศจากสารพิษตกค้าง อีกทั้งอุณหภูมิในการสกัดค่อนข้างต่ำ จึงทำให้สารที่ต้องการสกัดสูญเสียหรือเสีย สภาพไปน้อยมาก (อัมพร, 2551)

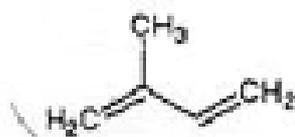
#### 2.3.5 การสกัดโดยใช้ไขมันสัตว์ (extraction by animal fat)

การสกัดโดยใช้ไขมันสัตว์เป็นวิธีการสกัดแบบดั้งเดิม มักใช้กับดอกไม้กลีบบาง เช่น มะลิ ซ่อนกลิ่น โดยใช้น้ำมันหมูเกลี่ยลงบนเถาไม้ แล้วนำดอกไม้มาเกลี่ยทับเป็นชั้นบางจนเต็มเถา ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วเปลี่ยนดอกไม้ชุดใหม่ ทำซ้ำประมาณ 7-10 ครั้ง ไขมันก็จะดูดซับสารหอมไว้ หลังจากนั้น ละลายสารหอมออกจากไขมันโดยใช้เอทานอล แล้วนำไประเหยเอทานอลออก จะได้น้ำมันหอมระเหย ออกมา วิธีนี้จะใช้เวลานานเพราะต้องแช่พืชไว้ในน้ำมันหลายวัน (ธาริณี, 2552)

### 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย (ฐาปนีย์, 2550)

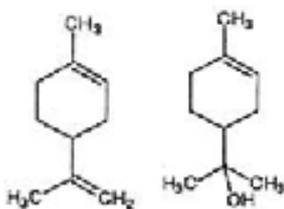
น้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีที่มีความหลากหลาย องค์ประกอบพื้นฐาน ของน้ำมันหอมระเหยเรียกว่า isoprene ประกอบด้วยคาร์บอนจำนวน 5 อะตอม ดังภาพที่ 2.4 เมื่อ

isoprene 2 ตัวเชื่อมกันจะเกิดเป็นสารที่มีคาร์บอนจำนวน 10 อะตอม เรียกสารนี้ว่า monoterpenes ซึ่งมีทั้งในรูปของสารเรียงตัวแบบเป็นวง (cyclic chain) เช่น limonene,  $\alpha$ -terpineol,  $\gamma$ -terpinene,  $\alpha$ -phellandrene, thymol, menthol, carveol และเรียงตัวแบบไม่เป็นวง (acyclic chain) เช่น citronellal,  $\beta$ -myrcene, ocimene, lavandulol, linalool ดังภาพที่ 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ ถ้า isoprene 3 ตัวมาเชื่อมกันจะเกิดเป็นสารที่มีคาร์บอนจำนวน 15 อะตอม เรียกสารนี้ว่า sesquiterpenes เช่น humulene, guaiol, farnesol, zingiberene, caryophyllene,  $\alpha$ -bisabolene ดังภาพที่ 2.7 isoprene 4 ตัวมาเชื่อมกันจะเกิดเป็นสารที่มีคาร์บอนจำนวน 20 อะตอม เรียกสารนี้ว่า diterpenes โดยทั่วไป diterpenes จะไม่ค่อยพบในน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการกลั่นด้วยไอน้ำเนื่องจากน้ำหนักโมเลกุลสูงเกินกว่าที่วิธีการกลั่นจะแยกสารออกมาได้



ภาพที่ 2.4 isoprene unit

ที่มา : ฐาปนีย์ หงส์รัตนารกิจ, 2550

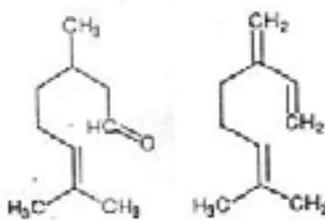


limonene

$\alpha$ -terpineol

ภาพที่ 2.5 monoterpenes ชนิดเรียงตัวแบบเป็นวง

ที่มา : ฐาปนีย์ หงส์รัตนารกิจ, 2550

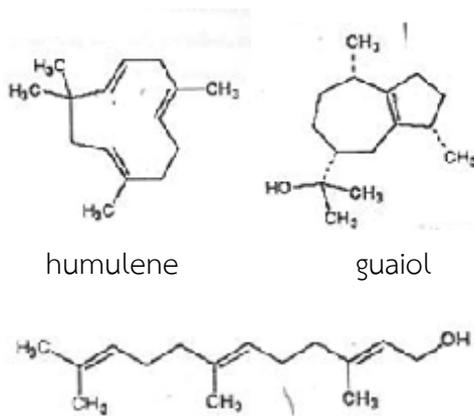


citronellal

$\beta$ -myrcene

ภาพที่ 2.6 monoterpenes ชนิดเรียงตัวแบบไม่เป็นวง

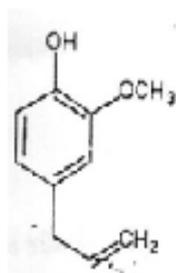
ที่มา : ฐาปนีย์ หงส์รัตนารกิจ, 2550



ภาพที่ 2.7 sesquiterpenes

ที่มา : ฐาปนีย์ หงส์รัตนาวรกิจ, 2550

องค์ประกอบพื้นฐานของน้ำมันหอมระเหยอีกกลุ่มเป็นสารที่ประกอบด้วยคาร์บอน 6 อะตอม และเรียงตัวแบบเป็นวง ซึ่งอาจอยู่ในรูปของ aromatic ring, benzene ring หรือ phenyl ring ถ้าสารอยู่ในรูป aromatic ring และมีสาขาที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 จะเรียกรวมกันว่า phenylpropanes ดังภาพที่ 2.8



eugenol

ภาพที่ 2.8 phenylpropanes

ที่มา : ฐาปนีย์ หงส์รัตนาวรกิจ, 2550

## 2.5 ชนิดของน้ำมันหอมระเหยแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี (ฐาปนีย์, 2550)

น้ำมันหอมระเหยแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมีได้ 3 ประเภท ดังนี้

### 2.5.1 monoterpenes essential oils แบ่งกลุ่มได้ดังนี้

2.5.1.1 monoterpene hydrocarbon essential oils เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มี monoterpene hydrocarbon เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ limonene, pinene, myrcene, sabinene น้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ได้จาก มะนาว ฝรั่ง ส้ม สุน

2.5.1.2 ketone essential oils เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีคีโตน (ketone) เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ carvone, menthone, camphor, thujone น้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ได้จาก สเปียร์มินท์ ยี่หระ่า ฮิสซอฟ

2.5.1.3 aldehyde essential oils เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีแอลดีไฮด์ (aldehyde) เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ citral, citronellal, geraniol น้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ได้จาก มะนาวฝรั่ง ตะไคร้ ตะไคร้หอม อบเชยลังกา

2.5.1.4 ester essential oils เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีเอสเทอร์ (ester) เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ linalyl, acetate, methyl salicylate น้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ได้จาก คาโมไมล์ เบอร์กามอต ลาเวนเดอร์ และโรสแมรี่

2.5.1.5 alcohol essential oils เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีแอลกอฮอล์ (alcohol) เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ linalool, citronellol, geraniol, menthol, terpineol น้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ได้จาก ชา ลาเวนเดอร์ เจอราเนียม จูนิเปอร์

2.5.1.6 phenolic essential oils เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีฟีนอล (phenol) เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ thymol, carvacrol น้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ได้จาก ไธม์ กานพลู อบเชยลังกา สน

2.5.1.7 oxide/peroxide essential oils เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีออกไซด์และเพอร์ออกไซด์ (oxide/peroxide) เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ cineole, linalool oxide น้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ได้จาก ยูคาลิปตัส น้ำมันเซียว

## 2.5.2 sesquiterpenes essential oils แบ่งกลุ่มได้ดังนี้

2.5.2.1 sesquiterpenes alcohol essential oils เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มี sesquiterpenes alcohol เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ bisabolol, zingiberol, patchouli alcohol, santalol น้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ได้จาก เยอร์มันคาโมไมล์ ชิง พิมเสน ไม้จันทน์

2.5.2.2 sesquiterpenes essential oils เป็นน้ำมันหอมระเหยที่มี sesquiterpenes เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ chamazulene, caryophyllene น้ำมันหอมระเหยกลุ่มนี้ได้จาก เยอร์มันคาโมไมล์

## 2.5.3 phenylpropanes essential oils แบ่งกลุ่มได้ดังนี้

2.5.3.1 eugenol/cinnamic aldehyde พบได้ในน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู อบเชยจีน อบเชยลังกา

2.5.3.2 anethole/estragol พบได้ในน้ำมันหอมระเหยจากจันทน์เทศ โหระพา เทียนสัตตบุศย์ เป็นต้น

## 2.6 สารเคมีที่หักกลืนในน้ำมันหอมระเหย (ฐาปนีย์, 2550)

น้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีที่สลับซับซ้อน กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยอาจมาจากสารที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยหรือเป็นสารที่มีในปริมาณน้อยในน้ำมันหอม

ระเหยก็ได้ สารเคมีที่ทำให้เกิดกลิ่นในน้ำมันหอมระเหยมีทั้งที่อยู่ในรูปสารเรียงตัวแบบเส้นตรงหรือแบบสาขา สารเรียงตัวเป็นวงหรือไม่เป็นวง สารแต่ละชนิดจะมีกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว

### 2.6.1 aliphatic compounds

เป็นสารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ มีการเรียงตัวแบบเส้นตรงหรือแบบสาขา มีทั้งที่เป็น alcohol, aldehyde, ketone, acid และ ester ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.6.1.1 aliphatic hydrocarbons มีทั้งชนิดที่มีพันธะอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว เรียงตัวแบบเส้นตรงหรือมีสาขา ส่วนใหญ่เป็นสารที่ให้ทั้งกลิ่นและรสชาติ เช่น 1,3-trans-5-cis-undecatriene และ 1,3-trans-5-trans-undecatriene ที่พบในน้ำมันยี่หระ ใช้สำหรับเป็นหัวน้ำหอมในสูตรน้ำหอม

2.6.1.2 aliphatic alcohols ที่พบในธรรมชาติส่วนใหญ่อยู่ในรูปแอลกอฮอล์อิสระ เป็นสารที่มีกลิ่นค่อนข้างอ่อน สารในกลุ่มนี้ได้แก่

1. 3-octanol เป็นสารที่ให้กลิ่นเห็ด (mushroom-earthy odor) เมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชัน จะเปลี่ยนเป็น 3-octanone ที่เป็นองค์ประกอบของน้ำมันลาเวนเดอร์

2. 9-decen-1-ol เป็นสารที่ให้กลิ่นในคอนยัคที่สดชื่น และให้กลิ่นกุหลาบ (rose odor) นิยมใช้ในน้ำหอมที่ต้องการกลิ่นกุหลาบ

3. cis-3-hexen-1-ol หรือที่เรียกว่า leaf alcohol เป็นสารที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากใบมัลเบอร์รี่ประมาณ 50% และยังพบในชาเขียวประมาณ 30% นิยมใช้เป็นหัวน้ำหอมในสูตรน้ำหอม

4. 2-trans-6-cis-nonadien-1-ol เป็นสารที่พบใน violet leaf oil, violet blossom oil และน้ำมันแตงกวา

2.3.1.3 aliphatic aldehydes เป็นสารที่มีความสำคัญในน้ำหอมและน้ำมันหอมระเหย สารที่พบในกลุ่มนี้ได้แก่

1. hexanal พบในแอปเปิล สตรอเบอร์รี่ ส้ม และมะนาว นิยมใช้สำหรับให้กลิ่นผลไม้ (fruity odor)

2. octanal พบในน้ำมันหอมระเหยจากพีชวงศ์ส้ม

3. nonanal พบในน้ำมันหอมระเหยจากพีชวงศ์ส้ม และน้ำมันกุหลาบ

4. decanal พบในน้ำมันจากพีชวงศ์ส้ม โดยเฉพาะน้ำมันดอกส้ม เป็นสารที่มีกลิ่นแรง คล้ายกลิ่นเปลือกส้ม

5. tridecanal พบในน้ำมันมะนาวและน้ำมันแตงกวา

2.6.1.4 aliphatic ketones เป็นสารกลุ่มที่ไม่ค่อยมีความสำคัญในการให้กลิ่นหอม ส่วนใหญ่มักเป็นกลิ่นของเนย เช่น 3-hydroxy-2-butanone ที่ให้กลิ่นในเนยเทียม และ 2,3-butanedione เป็นองค์ประกอบหลักในเนย

2.6.1.5 aliphatic acid and esters สารในกลุ่มนี้จะให้กลิ่นที่แตกต่างกันตามจำนวนคาร์บอนอะตอม เช่น จำนวนคาร์บอน 3-8 อะตอมให้กลิ่นผลไม้ ขณะที่จำนวนคาร์บอน 4 และ 6-12

อะตอมให้กลิ่นเนยแข็ง ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ได้แก่ butyl acetate ที่พบในแอปเปิ้ล isoamyl acetate ที่พบในกล้วย trans-2-hexenyl acetate ที่พบในน้ำมันเปปเปอร์มินท์ cis-3-hexenyl acetate ที่พบในชาเขียว และ cis-3-hexenyl isobutyrate ที่พบในน้ำมันสเปียร์มินท์ เป็นต้น

### 2.6.2 acyclic terpenes

เป็นสารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบจำนวน 10-15 อะตอม โดยมีการเรียงตัวแบบไม่เป็นวง สามารถแบ่งตามหมู่ฟังก์ชันได้ดังนี้

2.6.2.1 acyclic terpene ( $C_{10}$ ) และ sesquiterpene hydrocarbon ( $C_{15}$ ) เป็นสารกลุ่มที่ให้กลิ่นค่อนข้างแรงเนื่องจากมีโครงสร้างที่มีพันธะไม่อิ่มตัวมาก ตัวอย่างสารในกลุ่มนี้ได้แก่ myrcene, ocimene และ beta-farnesne

2.6.2.2 acyclic terpene ( $C_{10}$ ) และ sesquiterpenealcohol ( $C_{15}$ ) เป็นสารกลุ่มที่พบมากในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่

1. geraniol เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันเจอเรเนียม น้ำมันกุหลาบ น้ำมันตะไคร้หอม และน้ำมันพามาโลโรซ่า นิยมใช้สำหรับน้ำหอมที่ให้กลิ่นกุหลาบ

2. nerol เป็น trans isomer ของ geraniol เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันดอกส้ม มีกลิ่นหอมมาก นอกจากนี้ยังพบในน้ำมันใบส้ม น้ำมันมะกรูด และน้ำมันตะไคร้หอม เป็นสารที่ให้กลิ่นกุหลาบ

3. linalool เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันโรสวูด (rosewood oil) ประมาณ 80% น้ำมันผักชีประมาณ 60-70% เป็นสารที่ให้กลิ่นสดชื่นของดอกไม้อาจเรียกได้ว่าเป็น lily of the valley

4. citronellol มีทั้งในรูปของ (+)-citronellol และ (-)-citronellol ในธรรมชาติพบ (+)-citronellol เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยจาก *Boronia citriodora* ประมาณ 80% และจาก *Eucalyptus citriodora* ประมาณ 15-20% ส่วน (-)-citronellol พบในน้ำมันกุหลาบประมาณ 50% และน้ำมันเจอราเนียมประมาณ 50% เป็นสารที่ให้กลิ่นกุหลาบ

2.6.2.3 acyclic terpene ( $C_{10}$ ) aldehydes เป็นสารกลุ่มที่พบมากในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่

1. citral มีทั้งในรูป cis isomer ที่เรียกว่า geranial และ tran isomer ที่เรียกว่า neral ซึ่งมีความสอดคล้องกับ geraniol ที่เป็น cis isomer และ nerol ที่เป็น trans isomer เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันตะไคร้ประมาณ 85% เป็นสารที่ให้กลิ่นมะนาว

2. citronellal มีทั้งในรูปของ (+)-citronellal และ (-)-citronellal ส่วนใหญ่พบ (+)-citronellal เป็นองค์ประกอบในน้ำมันตะไคร้หอมประมาณ 45% น้ำมันใบมะกรูด (kaffir lime leaf oil) ประมาณ 80-90% น้ำมันกุหลาบ และน้ำมันมะนาว สำหรับ (-)-citronellal พบในน้ำมัน java lemon เป็นสารให้กลิ่นสดชื่น (refreshing odor)

2.6.2.4 acyclic terpene ( $C_{10}$ ) esters เป็นสารกลุ่มที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ linalyl acetate เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันลาเวนเดอร์ประมาณ 30-60% น้ำมันลาเวนดิน (lavendin oil) ประมาณ 25-50% น้ำมันผิวมะกรูดประมาณ 30-45% เป็นสารที่ให้กลิ่นเฉพาะตัวของน้ำมันผิวมะกรูด และน้ำมันลาเวนเดอร์

### 2.6.3 cyclic terpenes

เป็นสารประกอบคาร์บอนที่มีการเรียงตัวเป็นวง สามารถแบ่งตามหมู่ฟังก์ชันได้ดังนี้

2.6.3.1 cyclic terpene hydrocarbons เป็นสารกลุ่มที่พบในน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด ได้แก่

1. limonene เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกผลพีชวงศ์ส้มประมาณ 90% และยังพบในน้ำมันจากพีชวงศ์มินท์ มีทั้งในรูปของ (+)-limonene และ (-)-limonene ถ้าอยู่ในรูป (+)-limonene จะให้กลิ่นซิตรัส (citrus odor) พบในน้ำมันส้ม น้ำมันขึ้นฉ่าย และน้ำมันยี่หระ แต่ถ้าอยู่ในรูป (-)-limonene จะให้กลิ่นมินท์ (mint odor) ส่วนใหญ่จะพบในน้ำมันสน

2. terpinene เป็นองค์ประกอบในน้ำมันผักชีและน้ำมันกระวานเทศ เป็นสารที่ให้กลิ่นมะนาว

3. pinenes มีทั้งในรูป  $\alpha$ -pinene และ  $\beta$ -pinene เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมัน *Pinus palustris* ประมาณ 65%, *Pinus pinaster* ประมาณ 70% และ *Pinus caribaea* ประมาณ 70-80% ยังพบในน้ำมันจากพีชวงศ์มินท์

2.6.3.2 cyclic terpene alcohol และ ethers เป็นสารกลุ่มที่พบมากในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่

1. menthol เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันคอร์นมินท์ (cornmint oil) และน้ำมันเปปเปอร์มินท์ พบว่า menthol มีหลายไอโซเมอร์ โดยไอโซเมอร์ที่ให้กลิ่นเฉพาะของน้ำมันเปปเปอร์มินท์และความรู้สึกเย็น คือ (-)-menthol จากสมบัตินี้ทำให้มีการใช้ประโยชน์จาก (-)-menthol มากมาย เช่น ในอุตสาหกรรมยา อาหาร และเครื่องสำอาง

2. terpinen-4-ol พบในน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด ได้แก่ น้ำมันต้นชา น้ำมันลาเวนเดอร์ น้ำมันหอมระเหยจากพีชวงศ์สนและยูคาลิปตัส เป็นสารที่ให้กลิ่นเครื่องเทศ

3. borneol มีทั้งในรูปของ (+)-borneol และ (-)-borneol ส่วนใหญ่จะพบ (-)-borneol ในน้ำมันจากพีชวงศ์สนและน้ำมันตะไคร้หอม ส่วน (+)-borneol จะพบในน้ำมันลาเวนเดอร์ น้ำมันโรสแมรี่ น้ำมันการบูร และน้ำมัน olibanum เป็นสารที่ให้กลิ่นค่อนข้างฉุน

2.6.3.3 cyclic terpene ketones เป็นสารกลุ่มที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่

1. carvone มีทั้งในรูปของ (+)-carvone และ (-)-carvone ที่มีกลิ่นที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ในรูป (+)-carvone จะให้กลิ่นยี่หระ แต่ถ้าอยู่ในรูป (-)-carvone จะให้กลิ่นสเปียร์มินท์

2. camphor ในธรรมชาติมักพบในรูปของ (+)-camphor ส่วนใหญ่พบในน้ำมันการบูร เป็นสารที่ให้กลิ่นการบูรและมินท์

3. pulegone ส่วนใหญ่พบในน้ำมันตะไคร้หอม ให้กลิ่นคล้าย menthol นิยมใช้ในการแต่งกลิ่นสบู่และผลิตภัณฑ์ทางทันตกรรม

4. fenchone ส่วนใหญ่พบในน้ำมันเทียนข้าวเปลือก เป็นสารที่ให้กลิ่นการบูร นิยมใช้ในการแต่งกลิ่นผลิตภัณฑ์อาบน้ำและผลิตภัณฑ์สเปรย์

2.6.3.4 cyclic terpene esters สารกลุ่มนี้ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ vetiveryl acetate ที่เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันแฝกหอม เป็นสารที่ให้กลิ่นไม้แห้ง นิยมใช้เป็นสารตรึงกลิ่นในน้ำหอม

#### 2.6.4 other cycloaliphatic compounds

เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างคล้ายกับ terpene ส่วนใหญ่เป็นพวกคีโตนและเอสเทอร์ที่พบในน้ำมันมะลิ ได้แก่ cis-jasnone, menthyl jasmonate เป็นสารที่ให้กลิ่นมะลิ และ menthyl dihydrojasmonat

#### 2.6.5 aromatic compounds

2.6.5.1 aromatic alcohols เป็นสารกลุ่มที่พบในน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด ได้แก่

1. benzyl alcohol เป็นองค์ประกอบในน้ำมันมะลิ น้ำมันช่อนกลิ่น และน้ำมันกระดังงา เป็นสารที่ให้กลิ่นค่อนข้างอ่อนนิยมใช้เป็นสารตรึงกลิ่น

2. phenylethanol เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันกุหลาบ พบบ้างในน้ำมันดอกส้ม น้ำมันดอกกระดังงา น้ำมันดอกเจอราเนียม และน้ำมันดอกคาร์เนชัน เป็นสารที่ให้กลิ่นกุหลาบอ่อน

3. cinnamic alcohol เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมัน styrax เป็นสารที่ให้กลิ่นยางหอม (balsam) มีสมบัติเป็นสารตรึงกลิ่น

2.6.5.2 aromatic aldehydes เป็นสารกลุ่มที่พบในน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด ได้แก่

1. benzaldehyde เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันอัลมอนด์ พบบ้างในน้ำมันอบเชยและน้ำมันพลัม นิยมใช้ในการแต่งกลิ่นน้ำหอมและสบู่

2. anisaldehyde เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเทียนสัตตบุศย์และน้ำมันเทียนข้าวเปลือก นิยมใช้ในการแต่งกลิ่นน้ำหอมและสบู่

3. dihydrocinnamaldehyde เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันอบเชย เป็นสารที่ให้กลิ่นยางหอม (balsam)

4. cinnamaldehyde เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันอบเชยจีนประมาณ 90% น้ำมันอบเชยลังกาประมาณ 75% เป็นสารที่ให้กลิ่นอบเชย นิยมใช้เป็นสารแต่งกลิ่นในเครื่องเทศ

2.6.5.3 aromatic ketones เป็นสารกลุ่มที่พบในน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด ได้แก่

1. 4-methylacetophenone เป็นองค์ประกอบในน้ำมันโรสวูดและน้ำมันพริกไทย เป็นสารที่ให้กลิ่นหวานของดอกไม้

2. benzylacetone เป็นองค์ประกอบในโกโก้ เป็นสารที่ให้กลิ่นหวานของดอกไม้

2.6.5.4 aromatic esters เป็นสารกลุ่มที่พบในน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดได้แก่

1. benzyl acetate เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันมะลิและน้ำมันการ์ดิเนีย เป็นสารที่ให้กลิ่นผลไม้และกลิ่นมะลิ
2. phenylethyl isobutyrate เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเปปเปอร์มินท์เป็นสารที่ให้กลิ่นผลไม้และกลิ่นดอกไม้
3. methyl benzoate เป็นองค์ประกอบในน้ำมันดอกกระดังงา และน้ำมันดอกช่อนกลิ่น เป็นสารที่ให้กลิ่นผลไม้แห้ง
4. benzyl benzoate เป็นองค์ประกอบหลักใน Peru balsam อาจพบได้ใน concrete และ absolute ของดอกช่อนกลิ่นและดอกไฮยาซินธ์ เป็นสารที่ให้กลิ่นยางหอม มีสมบัติเป็นสารตรึงกลิ่น
5. methyl cinnamate เป็นองค์ประกอบในน้ำมันจากพืชวงศ์ Alpinia ประมาณ 80% เป็นสารให้กลิ่นของน้ำมันอบเชย และให้กลิ่นผลไม้
6. benzyl cinnamate เป็นองค์ประกอบในยางหอมและ balsam oil เป็นสารที่ให้กลิ่นยางหอม (balsam) มีสมบัติเป็นสารตรึงกลิ่น

2.6.5.5 aromatic acid สารที่พบในกลุ่มนี้ได้แก่

1. benzoic acid เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเทียนสัตตบุศย์ น้ำมันอบเชยลังกา น้ำมันอบเชยจีน น้ำมันกานพลู นิยมใช้เป็นสารกันเสีย
2. phenylacetic acid เป็นองค์ประกอบในน้ำมันเปปเปอร์มินท์ญี่ปุ่นและน้ำมันดอกส้ม พบบ้างในน้ำมันกุหลาบ เป็นสารที่ให้กลิ่นน้ำผึ้ง นิยมใช้ในการแต่งกลิ่นน้ำหอมและสบู่

2.6.5.6 aromatic miscellaneous compounds สารที่พบในกลุ่มนี้ได้แก่ methyl anthranilate เป็นองค์ประกอบในน้ำมันดอกกระดังงา น้ำมันดอกมะลิ น้ำมันพืชวงศ์ส้ม น้ำมันดอกส้ม เป็นสารที่ให้กลิ่นดอกส้ม นิยมใช้ในการแต่งกลิ่นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง แต่ต้องระวังในเรื่องของการเปลี่ยนสีของสาร

2.6.6 phenols และ phenol derivatives

2.6.6.1 thymol เป็นองค์ประกอบในน้ำมันโรสและน้ำมันออริกานอ เป็นสารที่ให้กลิ่นผสมของเครื่องเทศและสมุนไพร นิยมใช้เป็นหัวน้ำหอมในน้ำหอม

2.6.6.2 anethole เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันเทียนสัตตบุศย์ประมาณ 80-90% น้ำมันโป๊ยกั๊กมากกว่า 90% และน้ำมันเทียนข้าวเปลือก 80% นิยมใช้แต่งกลิ่นในเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ และในผลิตภัณฑ์สุขภาพสำหรับช่องปาก

2.6.6.3 carvacrol เป็นองค์ประกอบในน้ำมันมาร์จอแรม น้ำมันออริกานอ และน้ำมันโรส นิยมใช้แต่งกลิ่นสบู่

2.6.6.4 eugenol เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันกานพลูประมาณ 70-95% และน้ำมันอบเชยประมาณ 70-90% เป็นสารให้กลิ่นเครื่องเทศและกลิ่นกานพลู ใช้เป็นสารยับยั้งเชื้อในทางทันตกรรม

2.6.6.5 isoeugenol เป็นองค์ประกอบในน้ำมันจันทน์เทศ และน้ำมันกระดังงา เป็นสารที่ให้กลิ่นดอกไม้

2.6.6.6 safrole เป็นองค์ประกอบหลักในน้ำมันการบูรประมาณ 80% เป็นสารที่ให้กลิ่นเทียนสัตตบุศย์

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จักรพันธ์และคณะ (2008) สกัดน้ำมันหอมระเหยจากมะกรูดและส้มโอ โดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ กลั่นด้วยน้ำ และโดยการบีบคั้น ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยคิดเป็นร้อยละต่อน้ำหนักพืชสดดังนี้ น้ำมันใบมะกรูดจากการกลั่นด้วยน้ำ 1.21% น้ำมันผิวมะกรูดจากการกลั่นด้วยไอน้ำ 1.20% น้ำมันผิวมะกรูดจากการบีบคั้น 1.05% และน้ำมันผิวส้มโอจากการกลั่นด้วยไอน้ำ 0.40% เมื่อศึกษาคุณภาพน้ำมันหอมระเหยทางกายภาพและศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่า น้ำมันใบมะกรูด น้ำมันผิวมะกรูดทั้งชนิดบีบคั้นและกลั่นด้วยไอน้ำพบ citronellal และ citronellol ส่วนน้ำมันผิวส้มโอพบว่ามี limonene เป็นองค์ประกอบหลัก

เจนูรวาตีและนักรูจี (2547) ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ 2 พันธุ์คือ พันธุ์ทองดีและพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยใช้วิธีการกลั่นเพื่อเปรียบเทียบปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้ พบว่าเปลือกส้มโอพันธุ์ทองดีให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้งในสถานะเดียวกัน

Ferhat และคณะ (2006) ศึกษาเทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธี microwave accelerated distillation เปรียบเทียบกับวิธีการกลั่นด้วยน้ำ พบว่าวิธี microwave accelerated distillation จะใช้เวลาสกัดสั้นกว่า คือใช้เวลาเพียง 30 นาที ส่วนวิธีการกลั่นด้วยน้ำใช้เวลา 180 นาที ผลผลิตที่ได้ใกล้เคียงกันโดย microwave accelerated distillation ให้ผลผลิต 0.42% ส่วนวิธีการกลั่นด้วยน้ำ ให้ผลผลิต 0.39% น้ำมันหอมระเหยที่สกัดโดย microwave accelerated distillation จะมี oxygenate compounds สูงกว่าและมีคุณภาพดีกว่าในด้านของสีและกลิ่น นอกจากนี้ยังใช้พลังงานน้อยกว่าและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Hosni และคณะ (2010) ศึกษา น้ำมันหอมระเหยจากส้ม 4 ชนิด ได้แก่ ส้มเกลี้ยง ส้มโชกุน ส้มซ่า และส้มโอ ซึ่งปลูกภายใต้สภาพภูมิอากาศและสภาวะการปลูกที่เหมือนกัน วิเคราะห์โดย GC และ GC-MS พบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากส้มโอและส้มโชกุนอยู่ในช่วง 1.06-4.62% (น้ำหนักน้ำมันหอมระเหย/น้ำหนักเปลือก) จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณพบว่าตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยจากส้มทั้ง 4 ชนิดมีองค์ประกอบ 70 ชนิด ส่วนใหญ่ประกอบด้วย monoterpene hydrocarbons (97.59–99.3%) โดยมี limonene (92.52–97.3%) และ  $\beta$ -pinene (1.37–1.825%) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ส่วนองค์ประกอบที่เหลือมีค่าน้อยมาก (<1%) และพบว่าความแปรปรวนทางเคมีมีแนวโน้มจากความแปรปรวนทางพันธุกรรม

Mira และคณะ (1996) ได้ศึกษาเทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธี supercritical CO<sub>2</sub> extraction ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ 313 K และ 323 K ความดัน 1 และ 25 MPa โดย

ศึกษาผลกระทบของความดัน ขนาดของเปลือกส้มที่อยู่ในช่วง 0.1-10 มิลลิเมตร และการไหลของมวลตัว ทำละลายในช่วง 0.5-3.5 กิโลกรัม/ชั่วโมง พบว่าเมื่อเพิ่มความดันในการสกัดปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเพิ่มขนาดอนุภาคของเปลือกส้มจะลดปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ นอกจากนี้ การเพิ่มการไหลของมวลคาร์บอนไดออกไซด์จะทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดลดลง

Qiao และคณะ (2007) ศึกษากลิ่นจากส้มพันธุ์แมนดาริน 3 ชนิดได้แก่ Guoqing I Miyagawa Wase และ Owari โดยใช้ HS-SPME ร่วมกับ GC-MS พบว่ามีองค์ประกอบของสารให้กลิ่น 7371 และ 63 ชนิด และมีปริมาณทั้งหมด 584.67, 505.29 และ 494.63  $\mu\text{g.g}^{-1}$  ตามลำดับ องค์ประกอบที่พบเหมือนกันในส้มทั้ง 3 สายพันธุ์มีทั้งหมด 29 ชนิด นอกจากนี้ยังพบว่าส้มทั้ง 3 สายพันธุ์มีองค์ประกอบที่เป็นเอกลักษณ์ของตัวเองอยู่ 12, 5 และ 2 ชนิดตามลำดับ สารให้กลิ่นที่สำคัญของส้มทั้ง 3 สายพันธุ์ได้แก่ limonene, linalool,  $\gamma$ -terpinene,  $\beta$ -myrcene,  $\alpha$ -pinene และ octanal และพบว่าพันธุ์ Guoqing I มีสารสำคัญที่ให้กลิ่นมากกว่าพันธุ์ Miyagawa Wase และ Owari

Rezzoug และ Louka (2009) ศึกษาเทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธี instantaneous controlled pressure drop หรือเรียกว่า D.I.C เปรียบเทียบกับวิธีกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าวิธี D.I.C จะใช้เวลาสกัดน้อยกว่า โดยใช้เวลา 4 นาที ในขณะที่วิธีกลั่นด้วยไอน้ำใช้เวลา 100 นาที คุณภาพด้านสีของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดโดยวิธี D.I.C ดีกว่า

Saharaoui และคณะ (2011) ศึกษาเทคนิคการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธี Microwave steam distillation เปรียบเทียบกับวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าวิธี Microwave steam distillation จะใช้เวลาในการสกัดน้อยกว่า โดยใช้เวลาเพียง 6 นาที ส่วนการกลั่นด้วยไอน้ำใช้เวลา 2 ชั่วโมงขณะที่ปริมาณผลผลิตที่สกัดได้ใกล้เคียงกัน และน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จาก microwave steam distillation จะให้กลิ่นที่ดีกว่า

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

##### 3.1.1 วัตถุดิบ

1. ส้มซ่าจากสวนในจังหวัดนนทบุรี
2. เนื้อหมูส่วนสะโพกจากตลาดหัวตะเข้
3. หนังหมูจากตลาดหัวตะเข้
4. ข้าวเสาไห้จากตลาดหัวตะเข้
5. หอมแดงจากตลาดหัวตะเข้
6. ข้าวอ่อนจากตลาดหัวตะเข้
7. มะนาวจากตลาดหัวตะเข้
8. กระเทียมดอง ทรายางข้างคู่อั้งเฮง บริษัท เล็งเฮงอกรีฟู้ดส์ จำกัด
9. เกลือตราปรงทิพย์ บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด
10. น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล บริษัทน้ำตาลมิตรผล จำกัด
11. ถั่วลิสง ทรายาท้อป บริษัทเซนทรัลฟู้ดรีเทล จำกัด

##### 3.1.2 สารเคมี

สารเคมี	ผู้ผลิต
1. บีโตรเลียมอีเทอร์	บริษัท RCI Labscan LTD.
2. ไตเอทิลอีเทอร์	บริษัท Panreac LTD.
3. โพรไพลีนไกลคอล	บริษัท Ajax Finechem Pty LTD.
4. แก๊สไนโตรเจน	บริษัท Praxair LTD.

#### 3.2 อุปกรณ์

อุปกรณ์	ผู้ผลิต
1. เครื่องกวนแบบแม่เหล็ก	บริษัท IKA รุ่น C-MAG MS 7
2. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง	บริษัท Mettler-Toledo LTD.
3. เครื่อง Tray dryer	บริษัท Progress electronic LTD .,Part.
4. เครื่อง Vacuum Packing	บริษัท Worakulchai Package Seal.Co.,LTD.
5. เครื่องปั่นแห้ง	บริษัท Panasonic รุ่น MX-900M
6. อุปกรณ์การทำครัว	
7. อุปกรณ์เครื่องแก้ว	

### 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

#### 3.3.1 การศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

เตรียมเปลือกส้มซ่าโดยนำผลส้มซ่ามาล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือกใช้เฉพาะส่วนที่เป็นเปลือกสีเขียว สับให้ละเอียด ก่อนนำไปสกัด ทดลองสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยตัวทำละลาย (ดัดแปลงจาก ชนัญชิตาและวรรณิ, 2554) โดยผสมเปลือกส้มซ่ากับตัวทำละลาย กวนผสมด้วยเครื่องกวนแบบแม่เหล็กด้วยความเร็วต่ำ ใช้ตัวทำละลายที่ต่างกัน 2 แบบ ได้แก่ ไดเอทิลอีเทอร์ และของผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบโดยใช้ GC-MS เปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายต่างกัน

วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติด้วยแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17.0 เพื่อเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม

#### 3.3.2 การศึกษาผลของวิธีสกัดต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

ทดลองศึกษาวิธีสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่า 4 วิธี คือ

- การกลั่นด้วยไอน้ำ (เจนนูรวาตีและนัฏรุจี, 2547)
- การสกัดด้วยการบีบ ทำโดยนำเปลือกส้มซ่ามาปั่นให้ละเอียด และบีบน้ำมันผ่านผ้าขาวบาง

- การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤต (ดัดแปลงจาก เกศินีและมานพ, 2549) โดยใช้อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 120 บาร์ อัตราการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ 0.5 มิลลิลิตร/นาที

- การสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมจากข้อ 3.3.1

นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบโดยใช้ GC-MS เปรียบเทียบชนิดและปริมาณสารที่ได้ วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.1 เพื่อเลือกวิธีสกัดที่เหมาะสมและนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

#### 3.3.3 ศึกษาปริมาณสารสกัดที่เหมาะสมเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

ตัวอย่างอาหารที่ทดลองใช้คือ หมูแฮม วิธีทำดัดแปลงจาก ยุคล (2552) เติมสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าที่สกัดได้ (เข้มข้น 3% ในโพรพิลีนไกลคอล) ในปริมาณ 1 1.5 2 และ 2.5% ของน้ำหนักหมูแฮม นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่นส้มซ่า รสขม และความชอบโดยรวมด้วยวิธี hedonic test คะแนน 7 ระดับ ใช้ผู้ทดสอบที่เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารไทยจำนวน 10 คนวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติด้วยแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range test โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17.0 เพื่อเลือกปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่เหมาะสม

#### 3.3.4 ศึกษาการยอมรับการใช้สารสกัดจากเปลือกส้มซ่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

เมื่อได้ปริมาณสารสกัดที่เหมาะสม เตรียมตัวอย่างหมูแฮมโดยใช้ปริมาณที่เลือกไว้ นำตัวอย่างมาทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับการใช้เปลือกส้มซ่าสด ใช้ผู้ทดสอบทั่วไป 30 คน วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเช่นเดียวกับข้อ 3.3.3

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

#### 4.1 การศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

เมื่อศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายในสารสกัดให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าโดยใช้ไดเอทิลอีเทอร์ และตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารระเหยที่สกัดได้แสดงในตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ปริมาณสารที่สกัดได้เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกันคือ ไดเอทิลอีเทอร์ และตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1

ชนิดสาร	ปริมาณ (ppm)	
	ไดเอทิลอีเทอร์	ปิโตรเลียมอีเทอร์:ไดเอทิลอีเทอร์(1:1)
<b>Alcohols</b>		
1-penten-3-ol	0.78±0.30 <sup>b</sup>	2.60±0.10 <sup>a</sup>
cis-2-pentenol	1.35±0.30 <sup>b</sup>	4.51±0.84 <sup>a</sup>
octanol	0.33±0.00 <sup>b</sup>	1.10±0.00 <sup>a</sup>
l-linalool	59.13±3.56 <sup>b</sup>	197.34±11.28 <sup>a</sup>
Isopulegol	0.90±0.30 <sup>b</sup>	3.00±1.00 <sup>a</sup>
neoiso(iso)pulegol	0.75±0.30 <sup>b</sup>	2.50±1.00 <sup>a</sup>
$\alpha$ -terpineol	0.27±0.03 <sup>b</sup>	0.90±0.10 <sup>a</sup>
$\beta$ -citronellol	32.34±0.30 <sup>b</sup>	107.95±1.21 <sup>a</sup>
trans-geraniol	3.96±0.30 <sup>b</sup>	13.22±0.98 <sup>a</sup>
nerolidol	3.51±0.00 <sup>b</sup>	11.72±0.40 <sup>a</sup>
<b>Ketone</b>		
1-penten-3-one	1.11±0.3 <sup>b</sup>	3.71±0.09 <sup>a</sup>
<b>Aldehydes</b>		
4-pentenal	0.51±0.03 <sup>b</sup>	1.70±0.10 <sup>a</sup>
hexanal	38.64±4.16 <sup>b</sup>	128.99±14.13 <sup>a</sup>
trans-2-hexenal	7.53±0.51 <sup>b</sup>	25.13±1.60
citronellal	1214.22±32.11 <sup>b</sup>	4052.56±93.75 <sup>a</sup>
octanal	6.99±0.79 <sup>b</sup>	23.33±2.63 <sup>a</sup>
nonanal	3.08±0.60 <sup>b</sup>	10.26±1.97 <sup>a</sup>
decanal	0.30±0.49 <sup>b</sup>	1.00±0.16 <sup>a</sup>
neral	0.18±0.06 <sup>b</sup>	0.60±0.20 <sup>a</sup>
undecanal	3.00±0.52 <sup>b</sup>	10.00±1.71 <sup>a</sup>
geraniol	0.93±0.32 <sup>b</sup>	3.10±1.07 <sup>a</sup>
<b>Hydrocarbons</b>		
$\alpha$ -thujene	0.18±0.03 <sup>b</sup>	0.60±1.00 <sup>a</sup>
$\alpha$ -pinene	1.59±0.27 <sup>b</sup>	5.31±0.87 <sup>a</sup>

ตารางที่ 4.1(ต่อ)

ชนิดสาร	ปริมาณ (ppm)	
	ไดเอทิลอีเทอร์	ปิโตรเลียมอีเทอร์:ไดเอทิลอีเทอร์(1:1)
sabinene	34.20±2.99 <sup>b</sup>	114.13±9.58 <sup>a</sup>
β-pinene	1.92±0.05 <sup>b</sup>	6.41±0.15 <sup>a</sup>
β-myrcene	14.76±0.24 <sup>b</sup>	49.26±0.67 <sup>a</sup>
α-phellandrene	0.21±0.30 <sup>b</sup>	0.70±1.00 <sup>a</sup>
d-3-carene	0.48±0.08 <sup>b</sup>	1.60±0.26 <sup>a</sup>
l-limonene	2.91±0.93 <sup>b</sup>	9.71±3.08 <sup>a</sup>
cis-β-ocimene	0.33±0.10 <sup>b</sup>	1.1±0.34 <sup>a</sup>
trans-β-ocimene	9.15±0.62 <sup>b</sup>	30.55±2.17 <sup>a</sup>
γ-terpinene	3.00±0.54 <sup>b</sup>	10.00±1.76 <sup>a</sup>
α-terpinolene <sup>ns</sup>	0.69±0.54	2.30±1.79
β-elemene <sup>ns</sup>	1.02±0.54	3.40±1.78
cyclo isosativene <sup>ns</sup>	0.54±0.39	1.80±1.30
α-copaene	11.55±0.54 <sup>b</sup>	38.55±1.66 <sup>a</sup>
β-cubebene	9.69±0.54 <sup>b</sup>	32.34±1.69 <sup>a</sup>
trans-β-caryophyllene	54.54±0.54 <sup>b</sup>	182.04±1.18 <sup>a</sup>
epibicyclosquiphellandren <sup>ns</sup>	0.93±0.54	3.10±1.79
α-selinene	0.45±0.06 <sup>b</sup>	1.50±0.20 <sup>a</sup>
trans-β-farnesene	0.45±0.05 <sup>b</sup>	1.50±0.17 <sup>a</sup>
α-humulene	6.51±0.54 <sup>b</sup>	21.72±1.72 <sup>a</sup>
aromadendrene	0.21±0.30 <sup>b</sup>	0.70±0.10 <sup>a</sup>
c-cadinene	1.62±0.48 <sup>b</sup>	5.41±1.61 <sup>a</sup>
d-cadinene	11.74±4.14 <sup>b</sup>	39.20±13.98 <sup>a</sup>
germacrene D	6.95±2.41 <sup>b</sup>	23.21±8.12 <sup>a</sup>
rans,trans-α-farnesene	10.30±3.62 <sup>b</sup>	34.39±12.22 <sup>a</sup>
bicyclogermacrene	18.94±6.76 <sup>b</sup>	63.25±22.81 <sup>a</sup>
d-guaiene	0.25±0.09 <sup>b</sup>	0.84±0.31 <sup>a</sup>

หมายเหตุ: ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.1 พบว่าการใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) ได้ปริมาณสารที่สกัดได้มากกว่าการใช้ไดเอทิลอีเทอร์เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) คาดว่าเนื่องจากปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นตัวทำละลายไม่มีขั้ว จึงสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าซึ่งส่วนมากเป็นสารที่ไม่มีขั้วได้ดี ส่วนไดเอทิลอีเทอร์ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วเล็กน้อยจะสกัดสารให้กลิ่นได้น้อยกว่า โดยจะเป็นไปตามหลัก “like dissolves like” คือตัวถูกละลายที่มีขั้วจะละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วและตัวถูกละลายที่ไม่มีขั้วจะละลายในตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว ผลการวิเคราะห์พบว่าสามารถสกัดได้สาร 49 ชนิด เป็นสารในกลุ่มแอลกอฮอล์ 10 ชนิด คีโตน 1 ชนิด อัลดีไฮด์ 10 ชนิด และไฮโดรคาร์บอน 28 ชนิด เมื่อพิจารณาปริมาณสารสำคัญที่ให้กลิ่นเปลือกส้มซ่าที่สกัดได้ ได้แก่ l-linalool และ citronellal พบว่าการใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) สามารถสกัดได้ปริมาณมากกว่าการใช้ไดเอทิลอีเทอร์เพียงอย่างเดียว ผลการทดลองนี้ตรงกันข้ามกับผลการทดลองของ ชัญญูชิตา และวรรณิ (2554) ซึ่งศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายต่อชนิดของสารให้กลิ่นที่สกัดจากมะพร้าว น้ำหอม

พบว่าการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทนซึ่งเป็นตัวทำละลายมีขี้ผึ้ง ได้สาร 28 ชนิด มากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างเพนเทนซึ่งไม่มีขี้ผึ้งกับไดคลอโรมีเทน (2:1) ที่ได้สารเพียง 11 ชนิด เนื่องจากสารให้กลิ่นในน้ำมันมะพร้าวส่วนใหญ่ค่อนข้างมีขี้ผึ้งจึงสกัดได้ดีในตัวทำละลายที่มีขี้ผึ้ง โดยไดคลอโรมีเทนจะสกัดกลุ่มสารที่มีขี้ผึ้ง เช่น กรดอินทรีย์ แอลกอฮอล์ ฟีนอล และคีโตนออกมาได้มากกว่า ดังนั้นการสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าเพื่อใช้ในการทดลองต่อไปจะใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1

#### 4.2 การศึกษาผลของวิธีสกัดต่อปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้จากเปลือกส้มซ่า

เมื่อศึกษาผลของการสกัดกลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยวิธีต่างกัน คือ การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ในอัตราส่วน 1:1 การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ การกลั่นด้วยไอน้ำ และการบีบ ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารระเหยในเปลือกส้มซ่าที่สกัดได้แสดงดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** ปริมาณสารที่สกัดได้เมื่อใช้วิธีสกัดต่างกันคือ การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) การกลั่นด้วยไอน้ำ การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ และการบีบ

ชนิดสาร	ปริมาณ (ppm)			
	ปิโตรเลียมอีเทอร์:ไดเอทิลอีเทอร์	คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ	กลั่นด้วยไอน้ำ	บีบน้ำมัน
<b>Alcohols</b>				
1-penten-3-ol	2.60±0.11 <sup>a</sup>	1.17±0.05 <sup>b</sup>	0.78±0.03 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
cis-2-pentenol	4.51±0.84 <sup>a</sup>	2.03±0.04 <sup>b</sup>	1.35±0.30 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
octanol	1.10±0.00 <sup>a</sup>	0.50±0.00 <sup>b</sup>	0.33±0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
l-linalool	197.30±11.28 <sup>a</sup>	88.80±5.08 <sup>b</sup>	59.13±3.56 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
Isopulegol	3.00±1.00 <sup>a</sup>	1.35±0.45 <sup>b</sup>	0.90±0.30 <sup>bc</sup>	0.00 <sup>c</sup>
neoiso(iso)pulegol	2.50±1.00 <sup>a</sup>	1.13±0.45 <sup>b</sup>	0.75±0.30 <sup>bc</sup>	0.00 <sup>c</sup>
α-terpineol	0.90±1.00	0.41±0.44	1.17±1.59	0.00
β-citronellol	107.95±1.21 <sup>a</sup>	48.58±0.55 <sup>b</sup>	32.34±0.30 <sup>c</sup>	32.38±0.36 <sup>c</sup>
trans-geraniol	13.22±0.98 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	3.96±0.30 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
nerolidol	11.72±0.41 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	3.51±0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
<b>Ketone</b>				
1-penten-3-one	3.71±0.94 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	1.11±0.03 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
<b>Aldehydes</b>				
4-pentenal	1.70±1.00 <sup>a</sup>	0.77±0.44 <sup>b</sup>	0.51±0.03 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
hexanal	128.99±14.13 <sup>a</sup>	58.05±6.36 <sup>b</sup>	38.64±4.16 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
trans-2-hexenal	25.13±1.60 <sup>a</sup>	11.31±0.72 <sup>b</sup>	7.53±0.51 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
citronellal	4052.56±93.75 <sup>a</sup>	1823.05±42.36 <sup>b</sup>	1214.22±32.11 <sup>c</sup>	1215.77±28.13 <sup>c</sup>
octanal	23.33±2.64 <sup>a</sup>	10.50±1.19 <sup>b</sup>	6.99±0.79 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
nonanal	10.26±1.97 <sup>a</sup>	4.62±0.89 <sup>b</sup>	3.08±0.60 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
decanal	1.00±0.16 <sup>a</sup>	0.45±0.07 <sup>b</sup>	0.30±0.49 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ชนิดสาร	ปริมาณ (ppm)			
	ปิโตรเลียมอีเทอร์:โตเอทิลอีเทอร์ (1:1)	คาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤต	กลั่นด้วยไอน้ำ	บีบน้ำมัน
neral	0.60±0.20 <sup>a</sup>	0.27±0.09 <sup>b</sup>	0.18±0.60 <sup>bc</sup>	0.00 <sup>c</sup>
undecanal	10.01±1.71 <sup>a</sup>	4.50±0.77 <sup>b</sup>	3.00±0.52 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
geranial	3.10±1.07 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.93±0.33 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
<b>Hydrocarbons</b>				
$\alpha$ -thujene	0.60±0.10 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.18±0.03 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
$\alpha$ -pinene	5.31±0.87 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	1.59±0.27 <sup>b</sup>	1.59±0.26 <sup>b</sup>
sabinene	114.13±9.58 <sup>a</sup>	51.36±4.31 <sup>b</sup>	34.20±3.00 <sup>c</sup>	34.24±2.87 <sup>c</sup>
$\beta$ -pinene	6.41±0.15 <sup>a</sup>	2.89±0.07 <sup>b</sup>	1.92±0.05 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
$\beta$ -myrcene	49.26±0.67 <sup>a</sup>	22.17±0.30 <sup>b</sup>	14.76±0.24 <sup>c</sup>	14.78±0.20 <sup>c</sup>
$\alpha$ -phellandrene	0.70±0.10 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.21±0.03 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
d-3-carene	1.60±0.26 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.48±0.08 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
l-limonene	9.71±3.08 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	2.91±0.93 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
cis- $\beta$ -ocimene	1.10±0.34 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.33±0.10 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
trans- $\beta$ -ocimene	30.55±2.17 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	9.15±0.62 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
$\gamma$ -terpinene	10.01±1.76 <sup>a</sup>	4.50±0.79 <sup>b</sup>	3.00±0.54 <sup>b</sup>	3.00±0.53 <sup>b</sup>
$\alpha$ -terpinolenens	2.30±1.79 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.69±0.54 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>b</sup>
$\beta$ -elemenens	3.40±1.79 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	1.02±0.54 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
cyclo isosativenens	1.80±1.30 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.54±0.39 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>b</sup>
$\alpha$ -copaene	38.55±1.66 <sup>a</sup>	17.35±0.75 <sup>b</sup>	11.55±0.54 <sup>c</sup>	11.56±0.50 <sup>c</sup>
$\beta$ -cubebene	32.34±1.69 <sup>a</sup>	14.55±0.76 <sup>b</sup>	9.69±0.54 <sup>c</sup>	0.00 <sup>d</sup>
trans- $\beta$ -caryophyllene	182.04±1.18 <sup>a</sup>	81.92±0.53 <sup>b</sup>	54.54±0.54 <sup>c</sup>	54.61±0.35 <sup>c</sup>
epibicyclosesquiphellandren	3.10±1.79 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.93±0.54 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
$\alpha$ -selinene	1.50±0.20 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.45±0.06 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
trans- $\beta$ -farnesene	1.50±0.17 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.45±0.52 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
$\alpha$ -humulene	21.72±1.72 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	6.51±0.54 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
aromadendrene	0.70±0.10 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.21±0.03 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>
c-cadinene	5.41±1.61 <sup>a</sup>	2.44±0.73 <sup>b</sup>	1.62±0.48 <sup>bc</sup>	0.00 <sup>c</sup>
d-cadinene	39.20±13.98 <sup>a</sup>	17.64±6.29 <sup>b</sup>	11.74±4.14 <sup>bc</sup>	0.00 <sup>c</sup>
germacrene D	23.21±8.12 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	6.95±2.41 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
rans,trans- $\alpha$ -farnesene	34.39±12.22 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	10.30±3.62 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
bicyclogermacrene	63.25±22.80 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	18.94±6.76 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>
d-guaiene	0.84±0.31 <sup>a</sup>	0.00	0.25±0.09 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>

หมายเหตุ: ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.2 พบว่าวิธีสกัดต่างกันทำให้ปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับโตเอทิลอีเทอร์ (1:1) และการกลั่นด้วยไอน้ำจะได้ชนิดของสารมากกว่าการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤตและการบีบ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการสกัดด้วยตัวทำละลายกับการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤต

พบว่า การสกัดด้วยตัวทำละลายได้ชนิดและปริมาณของสารสกัดมากกว่า อาจเนื่องจากความดันที่ใช้ในการสกัดคือ 120 บาร์ไม่มากพอ จึงทำให้ปริมาณสารสกัดที่ได้น้อยกว่า Mira และคณะ (1996) ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโดยวิธีสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ พบว่าความดันในช่วง 10-250 บาร์ มีอิทธิพลต่อการสกัด โดยปริมาณสารที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความดัน และพบว่าที่ความดัน 250 บาร์จะสกัดน้ำมันหอมระเหยได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการสกัดด้วยตัวทำละลายกับการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายได้ปริมาณสารมากกว่าการกลั่นด้วยไอน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของอุดมลักษณ์และคณะ (2554) ที่ศึกษาการสกัดสารให้กลิ่นจากดอกพุด พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ได้สารที่เป็นองค์ประกอบหลักคือ (Z)-3-hexenyl tiglate มากกว่าการกลั่นด้วยไอน้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการกลั่นด้วยไอน้ำมีการใช้ความร้อน จึงอาจทำให้เกิดการสูญเสียสารให้กลิ่น จากตารางที่ 4.2 พบว่าวิธีสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติได้สารให้กลิ่นทั้งหมด 26 ชนิด ส่วนการบีบจะได้สารให้กลิ่นทั้งหมด 8 ชนิด ในขณะที่การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมและการกลั่นด้วยไอน้ำได้สารทั้งหมด 49 ชนิด เมื่อพิจารณาปริมาณ l-linalool และ citronellal พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมได้ปริมาณสารสกัดมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกการสกัดกลั่นส้มซ่าด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

#### 4.3 ศึกษาปริมาณสารสกัดที่เหมาะสมเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

จากการศึกษาปริมาณสารให้กลิ่นที่สกัดได้ที่เหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญอาหารไทย ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3

**ตารางที่ 4.3** ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นส้มซ่า รสขม และความชอบโดยรวมเมื่อใช้ปริมาณสารสกัดจากเปลือกส้มซ่าในปริมาณ 1 1.5 2 และ 2.5%

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนน			
	1%	1.5%	2%	2.5%
กลิ่นส้มซ่า	2.77±1.34 <sup>b</sup>	2.81±1.21 <sup>b</sup>	4.15±1.05 <sup>a</sup>	3.55±1.56 <sup>ab</sup>
รสขม <sup>ns</sup>	3.06±1.79	3.11±1.78	3.71±1.53	2.97±1.78
ความชอบโดยรวม	2.72±1.49 <sup>b</sup>	2.78±1.10 <sup>b</sup>	4.20±1.1 <sup>a</sup>	3.56±1.69 <sup>ab</sup>

หมายเหตุ: <sup>ns</sup> หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ )

จากตารางที่ 4.3 เมื่อพิจารณาด้านกลิ่นส้มซ่า พบว่าการใช้สารสกัดในปริมาณต่างกันมีผลทำให้คะแนนที่ได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวอย่างที่ใช้สารสกัดในปริมาณ 2% ได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากการใช้ในปริมาณ 2.5% แต่จะแตกต่างจากการใช้ในปริมาณ 1 และ 1.5% อย่างมีนัยสำคัญ โดยจะได้คะแนนสูงกว่า พบว่าการใช้ปริมาณสารสกัด 2 และ 2.5% จะให้กลิ่นส้มซ่าในระดับพอดีไม่อ่อนไปเหมือนการใช้ในปริมาณ 1 และ 1.5%

ด้านรสขม พบว่าการใช้สารสกัดทุกระดับได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนที่ได้อยู่ในช่วงไม่ชอบเล็กน้อย เนื่องจากสารที่สกัดได้จากส้มซ่ามีรสขม เมื่อนำมาใช้ในอาหารจึงทำให้อาหารมีรสขม ผู้ทดสอบจึงไม่ชอบ

ด้านความชอบโดยรวม พบว่าตัวอย่างที่ใช้สารสกัดในปริมาณ 2% ได้คะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้ในปริมาณ 2.5% แต่จะแตกต่างจากการใช้ในปริมาณ 1 และ 1.5% โดยจะได้คะแนนสูงกว่าเช่นเดียวกับคะแนนด้านกลิ่น ทั้งนี้อาจเนื่องจากกลิ่นส้มซ่าจะมีผลต่อการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์

จากผลการทดลอง จะเห็นว่าปริมาณสารสกัดจากเปลือกส้มซ่า 2 หรือ 2.5% จะเหมาะสมเพื่อใช้ในเมนูขนม ในที่นี้จะเลือกใช้ปริมาณ 2% ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยกว่า

#### 4.4 ศึกษาการยอมรับการใช้สารสกัดจากเปลือกส้มซ่าในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของเมนูขนมเมื่อใช้ปริมาณสารสกัดจากเปลือกส้มซ่า 2% จากผู้ทดสอบทั่วไป ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นส้มซ่า รสขม และ ความชอบโดยรวมเมื่อใช้ปริมาณสารสกัด 2% เปรียบเทียบกับการใช้เปลือกส้มซ่าสด

ลักษณะที่ทดสอบ	คะแนน	
	เปลือกส้มซ่าสด	สารสกัดจากเปลือกส้มซ่า
กลิ่นส้มซ่า <sup>ns</sup>	3.83±0.70	3.68±0.80
รสขม <sup>ns</sup>	3.57±0.76	3.51±0.89
ความชอบโดยรวม <sup>ns</sup>	3.79±0.64	3.84±0.76

หมายเหตุ: <sup>ns</sup> หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จากตารางที่ 4.4 พบว่าคะแนนของตัวอย่างเมื่อใช้สารสกัดจากเปลือกส้มซ่าในปริมาณ 2% ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้เปลือกส้มซ่าสด ดังนั้นสรุปได้ว่าสามารถใช้สารสกัดจากเปลือกส้มซ่าในเมนูขนมได้เช่นเดียวกับการใช้เปลือกส้มซ่าสด

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 เมื่อทดลองสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยตัวทำละลายต่างกัน 2 ชนิด ได้แก่ ไดเอทิลอีเทอร์และตัวทำละลายผสมของปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารที่สกัดได้ด้วย GC-MS พบสารที่เป็นองค์ประกอบ 49 ชนิด และสารสำคัญที่ให้กลิ่นเปลือกส้มซ่าได้แก่ l-linalool และ citronellal เมื่อพิจารณาปริมาณสารที่สกัดได้ การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมจะได้สารสกัดปริมาณมากกว่าการใช้ไดเอทิลอีเทอร์เพียงอย่างเดียว จึงเลือกตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

5.1.2 เมื่อทดลองสกัดสารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าด้วยวิธีสกัดต่างกัน 4 วิธี ได้แก่ การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) การกลั่นด้วยไอน้ำ การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ และการบีบ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของสารที่สกัดได้ด้วย GC-MS พบว่าวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายผสมและการกลั่นด้วยไอน้ำได้สารที่เป็นองค์ประกอบทั้งหมด 49 ชนิด วิธีสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติได้สารที่เป็นองค์ประกอบทั้งหมด 26 ชนิด ส่วนวิธีบีบ พบองค์ประกอบในสารที่บีบได้เพียง 8 ชนิด เมื่อพิจารณาปริมาณสารสำคัญ การสกัดทั้ง 4 วิธีได้ปริมาณ l-linalool และ citronellal ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการสกัดด้วยตัวทำละลายผสมจะได้ปริมาณมากที่สุด ดังนั้นจึงเลือกวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายเพื่อสกัดกลิ่นส้มซ่าสำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร

5.1.3 เมื่อทดลองใช้สารให้กลิ่นจากเปลือกส้มซ่าที่สกัดได้ (3% ในโพรโพลินไกลคอล) ในหมูแฮมในปริมาณ 1 1.5 2 และ 2.5% ของน้ำหนักหมูแฮม เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญอาหารไทย พบว่าสามารถใช้สารสกัดในปริมาณ 2 หรือ 2.5% โดยตัวอย่างได้คะแนนความชอบโดยรวมไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงเลือกปริมาณสารสกัด 2% เนื่องจากเป็นปริมาณที่น้อยกว่า

5.1.4 เมื่อเปรียบเทียบการใช้สารสกัดจากเปลือกส้มซ่าปริมาณ 2% กับการใช้เปลือกส้มซ่าสดในส่วนผสมหมูแฮม ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสเมื่อใช้ผู้ทดสอบทั่วไป พบว่าคะแนนของลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกด้านของตัวอย่างไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้สารสกัดจากเปลือกส้มซ่าในหมูแฮมได้เช่นเดียวกับการใช้เปลือกส้มซ่าสด

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ส้มซ่าที่จะนำมาสกัด ควรปอกเปลือกเก็บในสภาวะสุญญากาศและแช่แข็งไว้ เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของกลิ่น

5.2.2 ควรเก็บสารสกัดที่ได้ในขวดสีชาและปิดฝาให้สนิท เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน

## บรรณานุกรม

- เกศินี ศรีสุระ และ มานพ เจริญไชยตระกูล. 2549. การสกัดวิตามินอีจากเมล็ดดอกทานตะวันด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ที่สภาวะเหนือจุดวิกฤต. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มศว. 1(1): 51-57.
- จักรพันธ์ จุลศรีไคว้ล, สรินยา ชัดชุ่มแสง, เอื้อพร ไชยวรรณ และ สุวรรณมา เวชอภิกุล. 2551. ผลกระทบน้ำมันหอมระเหยเพื่อสุขภาพจากมะกรูดและส้มโอและการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้. Thai Pharmaceutical and Health Science Journal. 3(2): 203-209.
- เจนูรชาติ กาเร้ง และ นัฏรุจี เจ๊ะมอ. 2547. การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มโอ. ปริญญาทิพนธ์ครุศาสตร์บัณฑิต. คณะครุศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- ชนัญชิตา แซ่ม้า และ วรณิ จิรภาคย์กุล. 2554. ผลของชนิดตัวทำละลายต่อสารระเหยที่สกัดจากน้ำมะพร้าวหอมเผา. น. 564-572. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ฐาปนีย์ หงส์รัตนาวรกิจ. 2550. น้ำมันหอมระเหยและการใช้ในสุนทรบำบัด. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ธาริณี ทิมาบุตร. 2552. การสกัดสารหอมจากใบเตยเพื่อใช้ในการผลิตข้าวเคลือบสารหอมบรรจุของรีทอร์ทแพคเกจ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ประเทืองศรี สิ้นชัยศรี. 2547. พรรณพืชหอมและน้ำมันหอมระเหย. นีออนบุ๊กมีเดีย, กรุงเทพฯ.
- ยุคล เกตรุ่ง. 2552. การผลิตเครื่องปรุงสำเร็จรูปสำหรับปลาเนม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สิริลักษณ์ มลานิยม. 2543. น้ำมันหอมระเหยสารสกัดจากพืชสมุนไพร. สมอ สาร. 28(325): 3-5.
- อุดมลักษณ์ สุขอัติตะ อุไรวรรณ ดิลกคุณานันท์ สรัญญา วัชโรทัย วิชัย หฤทัยธนาสันต์ พงมาน พิศเพียงจันทร์ พุฒิตา พันจี และ ประภัสสร รักถาวร. 2554. การสกัดแยกน้ำมันหอมระเหยและสารหอมจากดอกพุด น.414-422. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อัมพร ยุวรรณศิริ. 2551. ผลของสภาวะการสกัดไลโคปีนจากกากมะเขือเทศโดยเทคนิคการสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Ferhat, M. A., B. Y.Meklati, J. Smadja and F.Chemat. 2006. An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. Journal of Chromatography A. 1112(2):121-126.
- Hosni, K., N. Zahed, R. Chrif, I. Abid, W. Medfei, M. Kallel, N. B. Brahim and H. Sebei. 2010. Composition of peel essential oils from four selected Tunisian citrus species: evidence for the genotypic influence. Food chemistry. 123(4): 1098-1104.

- Mira, B., M. Blasco and S. Subirats. 1996. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of essential oils from orange peel. *The Journal of Supercritical Fluids*. 9(4):238-243.
- Qiao, Y., B. J. Xie, Y. Zhang, H. Y. Zhou and S. Y. Pan. 2007. Study on aroma components in fruit from three different satsuma mandarin varieties. *Agricultural sciences in China*. 6(12): 1487-1493.
- Reichardt, C and T. Welton. 2011. *Solvents and Solvent Effects in Organic Chemistry*. Wiley-VCH, Weinheim. อ้างอิง ปานทิพย์ บุญส่ง และ วัลภา เนตรดวงตา. 2557. ความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระและองค์ประกอบทางพิษเคมีของใบพืชไม้ผลเขตร้อนบางชนิด. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 24(3): 624-633.
- Rezzoug, S.-A and N. Louka. 2009. Thermomechanical process intensification for oil extraction from orange peels. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 10(4):530–536.
- Sahraoui, N., M. A. Vian, M. E. Maataoui, C. Boutekedjiret and F. Chemat. 2011. Valorization of citrus by-products using Microwave Steam Distillation (MSD). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 12(2):163-170.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก วิธีสกัดน้ำมันหอมระเหย

**ก 1. วิธีสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มซ่าด้วยตัวทำละลาย** ดัดแปลงจากชัญญชิตาและวรรณิ (2554)

1. นำส้มซ่ามาล้างด้วยน้ำสะอาด ปอกเปลือกโดยใช้เฉพาะส่วนที่เป็นเปลือกสีเขียว สับให้ละเอียด
2. ชั่งตัวอย่างเปลือกส้มซ่าจำนวน 20 กรัมใส่ในขวดรูปชมพู่ใส่ตัวทำละลายปริมาตร 80 มิลลิลิตร
3. กวนผสมด้วยเครื่องกวนแบบแม่เหล็กด้วยความเร็วต่ำ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แยกส่วนที่เป็นสารสกัดเก็บไว้ นำส่วนกากที่เหลือมาสกัดซ้ำเช่นเดิมอีก 1 ครั้งแล้วผสมรวมกับสารที่สกัดได้ในครั้งแรก
4. นำสารสกัดที่ได้ทั้งหมดไปเป่าด้วยแก๊สไนโตรเจนเบา ๆ เพื่อระเหยตัวทำละลาย แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบโดยใช้ GC-MS

**ก 2. วิธีสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มซ่าโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ** (เจษณูรวาตีและนักรูจี, 2547)

1. นำส้มซ่ามาล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นปอกเปลือกโดยใช้ส่วนที่เป็นเปลือกสีเขียว สับให้ละเอียด
2. ชั่งตัวอย่างเปลือกส้มซ่า 20 กรัมใส่ในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตรใส่ boiling chip เต็มน้ำกลั่นลงไป 80 มิลลิลิตร
3. จัดขวดก้นกลมให้เข้ากับชุดกลั่นน้ำมันหอมระเหยใช้เวลากลั่นประมาณ 1 ชั่วโมง
4. ตั้งสารสกัดที่ได้ทิ้งไว้ให้เย็นเพื่อให้สารสกัดแยกตัวจากน้ำ แยกสารสกัดออกจากน้ำด้วยกรวยแยก จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบโดยใช้ GC-MS

**ก 3. วิธีสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มซ่าโดยการบีบ**

1. นำส้มซ่ามาล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นปอกเปลือกโดยใช้ส่วนที่เป็นเปลือกสีเขียว ปั่นให้ละเอียด
2. นำเปลือกที่ปั่นแล้วมาบีบน้ำมันผ่านผ้าขาวบางด้วยมือ
3. นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบโดยใช้ GC-MS

**ก 4. วิธีสกัดน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกส้มซ่าด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ** ดัดแปลงจาก เกศินีและมานพ (2549)

1. นำส้มซ่ามาล้างด้วยน้ำสะอาด จากนั้นปอกเปลือกโดยใช้ส่วนที่เป็นเปลือกสีเขียว สับให้ละเอียด
2. ชั่งตัวอย่างเปลือกส้มซ่า 25 กรัม ใส่ในหน่วยสกัด ปรับอุณหภูมิคงที่ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 120 บาร์ อัตราการไหลของคาร์บอนไดออกไซด์ 0.5 มิลลิลิตร/นาทีใช้เวลาสกัด 15 นาที
- 3 นำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ห้องค์ประกอบโดยใช้ GC-MS

**ภาคผนวก ข**  
**วิธีทำหมუნแอม**  
ดัดแปลงจากยุค (2552)

**1. การเตรียมส่วนผสม**

1. เนื้อหมูสะโพก	60 กรัม
2. หนังหมู	30 กรัม
3. ข้าวคั่ว	50 กรัม
4. ถั่วลิสง	4 กรัม
5. หอมแดง	20 กรัม
6. ข้าวอ่อน	2 กรัม
7. มะนาว	12 กรัม
8. น้ำกระเทียมดอง	15 กรัม
9. เนื้อกระเทียมดอง	14 กรัม
10. น้ำตาลทราย	15 กรัม
11. เกลือ	1 กรัม

**2. ขั้นตอนการทำหมუნแอม**

1. ทำข้าวคั่ว โดยนำข้าวเสาให้มาหุงให้สุก อบแห้งด้วยเครื่อง tray dry ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 5 ชั่วโมง หรือจนกว่าข้าวจะแห้งนำข้าวที่แห้งแล้วมาคั่วจนมีสีน้ำตาลเข้ม แล้วบดด้วยเครื่องปั่นแห้งจนละเอียด

2. ล้างทำความสะอาดเนื้อหมูส่วนสะโพก หั่นเป็นชิ้นขนาดความกว้างประมาณ 5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 5 เซนติเมตร แล้วนำไปต้มจนสุก นำเนื้อหมูสุกมาตำในครกหินจากนั้นฉีกเป็นเส้นเล็กๆ นำไปปั่นโดยเครื่องปั่นแห้งเพื่อให้ได้เนื้อหมูที่ฟูละเอียด

3. ล้างหนังหมูให้สะอาด ต้มให้สุก หั่นฝอยเป็นชิ้นเล็กความกว้างประมาณ 0.3 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร

4. ล้างข้าวอ่อนให้สะอาด หั่นหยาบ โขลกให้ละเอียดคั้นเอาแต่น้ำ

5. คั้นมะนาวเอาแต่น้ำ คั่วถั่วลิสง โขลกหยาบ ซอยกระเทียมดองและหอมแดง

6. เคล้าเนื้อหมูกับน้ำข้าวให้เข้ากัน ใส่เนื้อมะนาว น้ำกระเทียมดองที่ละน้อย ยีให้เข้ากับเนื้อหมู ใส่ น้ำตาลทราย ข้าวคั่ว ถั่วลิสงคั่ว หนังหมู กระเทียมดอง และหอมแดง คลุกให้เข้ากันจนทั่ว

ภาคผนวก ค  
การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ค 1. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

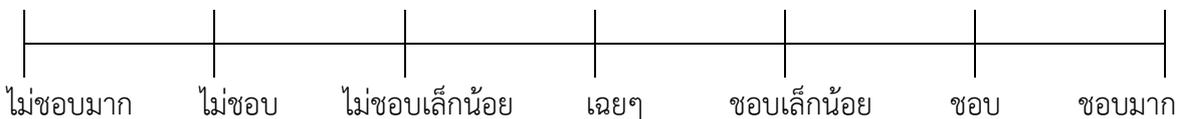
ชื่อ.....วันที่.....

ผลิตภัณฑ์.....

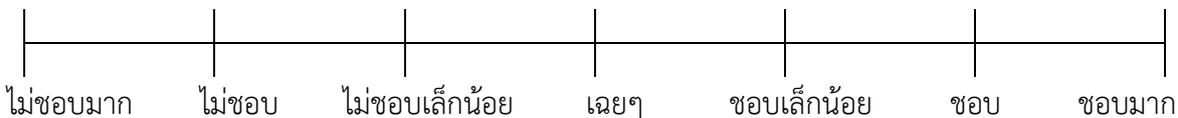
คำชี้แจง : กรุณาชิมตัวอย่างและขีดเครื่องหมาย | ลงบนเส้นของแต่ละปัจจัยตามที่ท่านรู้สึกได้จากการชิม

ตัวอย่าง.....

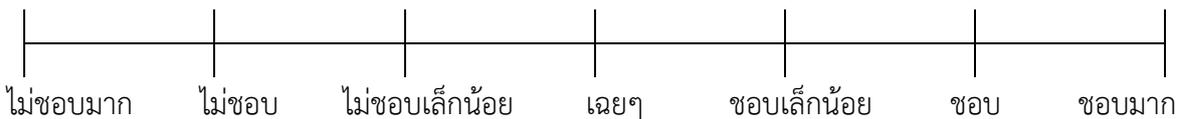
1. ด้านกลิ่นสัมผัส



2. ด้านรสขม



3. ความชอบโดยรวม



ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ค 2. ภาพการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารไทย



ผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารไทยจากโรงเรียนการเรือนยิ่งเจริญ



ผู้เชี่ยวชาญด้านอาหารไทยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ภาคผนวก ง  
ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

ง 1. ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารที่สกัดได้เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกันคือ ไดเอทิลอีเทอร์และตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1)

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แสดงได้ดังนี้

1-penten-3-ol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.521	1	0.521	0.036
Error	0.214	4	0.054	
รวม	0.735	5		

cis-2-pentenol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	14.938	1	14.938	0.000
Error	0.016	4	0.004	
รวม	14.954	5		

octanol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.893	1	.893	0.000
Error	0.000	4	.000	
รวม	0.893	5		

l-linalool

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	28651.818	1	28651.818	0.000
Error	279.797	4	69.949	
รวม	28931.615	5		

## isopulegol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	6.632	1	6.632	0.025
Error	2.168	4	0.542	
รวม	8.800	5		

## neoiso(iso)pulegol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	4.604	1	4.604	0.044
Error	2.172	4	0.543	
รวม	6.776	5		

 $\alpha$ -terpineol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.597	1	0.597	0.000
Error	0.021	4	0.005	
รวม	0.619	5		

 $\beta$ -citronellol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	8574.114	1	8574.114	0.000
Error	3.110	4	0.777	
รวม	8577.223	5		

## trans-geraniol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	128.518	1	128.518	0.000
Error	2.090	4	0.523	
รวม	130.608	5		

## nerolidol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	100.998	1	100.998	0.000
Error	0.003	4	0.001	
รวม	101.001	5		

## 1-penten-3-one

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	10.099	1	10.099	0.000
Error	0.019	4	0.005	
รวม	10.119	5		

## 4-pentenal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	2.132	1	2.132	0.000
Error	0.021	4	0.005	
รวม	2.152	5		

## hexanal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	12245.181	1	12245.181	0.000
Error	433.894	4	108.474	
รวม	12679.075	5		

## trans-2-hexenal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	464.617	1	464.617	0.000
Error	5.644	4	1.411	
รวม	470.262	5		

## citronellal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1.208E7	1	1.208	0.000
Error	19639.537	4	4909.884	
รวม	1.210E7	5		

## octanal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	400.481	1	400.481	0.001
Error	15.146	4	3.787	
รวม	415.628	5		

nonanal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	77.418	1	77.418	0.004
Error	8.515	4	2.129	
รวม	85.933	5		

decanal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.737	1	0.737	0.002
Error	0.056	4	0.014	
รวม	0.793	5		

neral

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.265	1	0.265	0.025
Error	0.086	4	0.021	
รวม	0.351	5		

undecanal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	73.703	1	73.703	0.002
Error	6.360	4	1.590	
รวม	80.063	5		

geranial

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	7.075	1	7.075	0.028
Error	2.509	4	0.627	
รวม	9.583	5		

 $\alpha$ -thujene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.265	1	0.265	0.002
Error	0.021	4	0.005	
รวม	0.286	5		

$\alpha$ -pinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	20.702	1	20.702	0.002
Error	1.666	4	0.417	
รวม	22.369	5		

## sabinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	9582.936	1	9582.936	0.000
Error	201.233	4	50.308	
รวม	9784.169	5		

 $\beta$ -pinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	30.215	1	30.215	0.000
Error	0.053	4	0.013	
รวม	30.268	5		

 $\beta$ -myrcene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1785.796	1	1785.796	0.000
Error	1.021	4	0.255	
รวม	1786.818	5		

 $\alpha$ -phellandrene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.361	1	0.361	0.001
Error	0.021	4	0.005	
รวม	0.382	5		

## d-3-carene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1.885	1	1.885	0.002
Error	0.147	4	0.037	
รวม	2.032	5		

## l-limonene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	69.272	1	69.272	0.022
Error	20.749	4	5.187	
รวม	90.021	5		

## cis-b-ocimene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.891	1	0.891	0.021
Error	0.258	4	0.065	
รวม	1.149	5		

trans- $\beta$ -ocimene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	686.645	1	686.645	0.000
Error	10.216	4	2.554	
รวม	696.861	5		

 $\gamma$ -terpinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	73.693	1	73.693	0.003
Error	6.788	4	1.697	
รวม	80.481	5		

 $\alpha$ -terpinolene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	3.883	1	3.883	0.021
Error	6.976	4	1.744	
รวม	10.859	5		

 $\beta$ -Elemene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	8.500	1	8.500	0.091
Error	6.949	4	1.737	
รวม	15.449	5		

## cyclo isosativene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	2.383	1	2.383	0.184
Error	3.696	4	0.924	
รวม	6.079	5		

 $\alpha$ -copaene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1093.274	1	1093.274	0.000
Error	6.115	4	1.529	
รวม	1099.388	5		

 $\beta$ -cubebene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	769.462	1	769.462	0.000
Error	6.258	4	1.564	
รวม	775.719	5		

trans- $\beta$ -caryophyllene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	24383.715	1	24383.715	0.000
Error	3.337	4	0.834	
รวม	24387.052	5		

## epibicyclosesquiphellandrene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	7.063	1	7.063	0.114
Error	6.957	4	1.739	
รวม	14.020	5		

 $\alpha$ -selinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1.659	1	1.659	0.001
Error	0.083	4	0.021	
รวม	1.742	5		

trans- $\beta$ -farnerene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1.659	1	1.659	0.001
Error	0.063	4	0.016	
รวม	1.721	5		

 $\alpha$ -humulene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	347.236	1	347.236	0.000
Error	6.507	4	1.627	
รวม	353.742	5		

## aromadendrene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.361	1	0.361	0.001
Error	0.021	4	0.005	
รวม	0.382	5		

## c-cadinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	21.556	1	21.556	0.017
Error	5.643	4	1.411	
รวม	27.199	5		

## d-cadinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1131.655	1	1131.655	0.031
Error	425.352	4	106.338	
รวม	1557.007	5		

## germacrene D

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	396.624	1	396.624	0.029
Error	143.351	4	35.838	
รวม	539.974	5		

trans- $\alpha$ -farnesene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	870.979	1	870.979	0.031
Error	324.788	4	81.197	
รวม	1195.767	5		

## bicyclogermacrene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	2946.173	1	2946.173	0.032
Error	1131.424	4	282.856	
รวม	4077.597	5		

## d-guaiene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.521	1	0.521	0.036
Error	0.214	4	0.054	
รวม	0.735	5		

ง 2. ผลวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณสารที่สกัดได้เมื่อใช้วิธีสกัดต่างกันคือ การสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่างปิโตรเลียมอีเทอร์กับไดเอทิลอีเทอร์ (1:1) การกลั่นด้วยไอน้ำ การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือจุดวิกฤติ และการบีบ

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แสดงได้ดังนี้

1-penten-3-ol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	10.718	3	3.573	0.000
Error	0.030	8	0.004	
รวม	10.748	11		

cis-2-pentenol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	32.096	3	10.699	0.000
Error	0.019	8	0.002	
รวม	32.115	11		

octanol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1.918	3	.639	0.000
Error	0.000	8	.000	
รวม	1.918	11		

l-linalool

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	61564.204	3	20521.401	0.000
Error	331.314	8	41.414	
รวม	61895.518	11		

## isopulegol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	14.253	3	4.751	0.001
Error	2.571	8	0.321	
รวม	16.824	11		

## neoiso(iso)pulegol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	9.896	3	3.299	0.004
Error	2.575	8	0.322	
รวม	12.471	11		

 $\alpha$ -terpineol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	2.436	3	0.812	0.343
Error	5.047	8	0.631	
รวม	7.483	11		

 $\beta$ -citronellol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	11607.068	3	3869.023	0.000
Error	3.967	8	0.496	
รวม	11611.035	11		

## trans-geraniol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	349.786	3	116.595	0.000
Error	2.090	8	0.261	
รวม	351.876	11		

## nerolidol

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	274.862	3	91.621	0.000
Error	0.003	8	0.000	
รวม	274.865	11		

## 1-penten-3-one

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	27.486	3	9.162	0.000
Error	0.019	8	0.002	
รวม	27.505	11		

## 4-pentenal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	4.580	3	1.527	0.000
Error	0.024	8	0.003	
รวม	4.605	11		

## hexanal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	26305.982	3	8768.661	0.000
Error	514.760	8	64.345	
รวม	26820.742	11		

## trans-2-hexenal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	998.342	3	332.781	0.000
Error	6.684	8	0.835	
รวม	1005.025	11		

## citronellal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1.636E7	3	5453117.826	0.000
Error	24781.056	8	3.097.632	
รวม	1.638E7	11		

## octanal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	860.471	3	286.824	0.000
Error	17.958	8	2.245	
รวม	878.429	11		

## nonanal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	166.385	3	55.462	0.000
Error	10.092	8	1.262	
รวม	176.477	11		

## decanal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1.584	3	0.528	0.000
Error	0.067	8	0.008	
รวม	1.651	11		

## neral

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.570	3	0.190	0.001
Error	0.102	8	0.013	
รวม	0.671	11		

## undecanal

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	158.392	3	52.797	0.000
Error	7.538	8	0.942	
รวม	165.931	11		

## geranial

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	19.266	3	6.422	0.000
Error	2.509	8	0.314	
รวม	21.774	11		

 $\alpha$ -thujene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.722	3	0.241	0.000
Error	0.021	8	0.003	
รวม	0.743	11		

 $\alpha$ -pinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	45.597	3	15.199	0.000
Error	1.803	8	0.225	
รวม	47.401	11		

## sabinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	12974.041	3	4324.680	0.000
Error	254.871	8	31.859	
รวม	13228.912	11		

$\beta$ -pinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	64.921	3	21.640	0.000
Error	0.062	8	0.008	
รวม	64.983	11		

 $\beta$ -myrcene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	2417.539	3	805.846	0.000
Error	1.286	8	0.161	
รวม	2418.825	11		

 $\alpha$ -phellandrene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.983	3	0.328	0.000
Error	0.021	8	0.003	
รวม	1.003	11		

## d-3-carene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	5.133	3	1.711	0.000
Error	0.147	8	0.018	
รวม	5.280	11		

## l-limonene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	188.639	3	62.880	0.000
Error	20.749	8	2.594	
รวม	209.388	11		

## cis-b-ocimene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	2.426	3	0.809	0.000
Error	0.258	8	0.032	
รวม	2.685	11		

trans- $\beta$ -ocimene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1868.438	3	622.813	0.000
Error	10.216	8	1.277	
รวม	1878.654	11		

 $\gamma$ -terpinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	99.781	3	33.2690	0.000
Error	8.604	8	1.076	
รวม	108.385	11		

 $\alpha$ -terpinolene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	10.583	3	3.528	0.051
Error	6.976	8	0.872	
รวม	17.560	11		

 $\beta$ -Elemene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	23.155	3	7.718	0.006
Error	6.949	8	0.869	
รวม	30.104	11		

## cyclo isosativene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	4.348	3	1.449	0.169
Error	5.341	8	0.668	
รวม	9.689	11		

 $\alpha$ -copaene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1480.083	3	493.361	0.000
Error	7.734	8	0.967	
รวม	1487.817	11		

 $\beta$ -cubebene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1653.341	3	551.114	0.000
Error	7.408	8	0.926	
รวม	1660.748	11		

trans- $\beta$ -caryophyllene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	33009.557	3	11003.186	0.000
Error	4.4145	8	0.518	
รวม	33013.701	11		

## epi-bicyclosquiphellandrene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	19.244	3	6.415	0.011
Error	6.957	8	0.870	
รวม	26.201	11		

**$\alpha$ -selinene**

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	4.515	3	1.505	0.000
Error	0.083	8	0.010	
รวม	4.598	11		

trans- **$\beta$** -farnerene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	4.516	3	1.505	0.000
Error	0.063	8	0.008	
รวม	4.578	11		

 **$\alpha$** -humulene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	945.139	3	315.046	0.000
Error	6.507	8	0.813	
รวม	951.645	11		

## aromadendrene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	0.983	3	0.328	0.000
Error	0.021	8	0.005	
รวม	01.004	11		

## c-cadinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	46.292	3	15.431	0.001
Error	6.694	8	0.837	
รวม	52.985	11		

## d-cadinene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	2430.031	3	810.010	0.002
Error	504.533	8	63.067	
รวม	2934.564	11		

## germacrene D

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1078.701	3	359.567	0.000
Error	143.351	8	17.919	
รวม	1222.052	11		

rans,trans- $\alpha$ -farnesene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	2368.792	3	789.597	0.000
Error	324.788	8	40.598	
รวม	2693.580	11		

## bicyclogermacrene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	8012.612	3	2670.871	0.001
Error	1131.424	8	141.428	
รวม	9144.036	11		

## d-guaiene

SOV	SS	df	MS	sig
วิธีสกัด	1.417	3	0.472	0.001
Error	0.214	8	0.027	
รวม	1.631	11		

ง 3. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสัมผัส รสขม และความชอบ โดยรวมเมื่อใช้ปริมาณสารสกัดจากเปลือกส้มซ่าในปริมาณ 1 1.5 2 และ 2.5%

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แสดงได้ดังนี้

ด้านกลิ่นสัมผัส

SOV	SS	df	MS	sig
ตัวอย่าง	20.386	3	6.795	0.003
ผู้ทดสอบ	29.352	7	4.193	0.005
Error	67.102	53	1.266	
รวม	116.84	63		

ด้านรสขม

SOV	SS	df	MS	sig
ตัวอย่าง	5.501	3	1.834	0.560
ผู้ทดสอบ	37.738	7	5.391	0.067
Error	140.107	53	2.644	
รวม	183.346	63		

ความชอบโดยรวม

SOV	SS	df	MS	sig
ตัวอย่าง	23.758	3	7.919	0.002
ผู้ทดสอบ	39.789	7	5.684	0.001
Error	72.875	53	1.375	
รวม	136.421	63		

ง 4. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นส้มซ่า รสขม และความชอบโดยรวมเมื่อใช้ปริมาณสารสกัด 2% เปรียบเทียบกับการใช้เปลือกส้มซ่าสด  
ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แสดงได้ดังนี้

ด้านกลิ่นส้มซ่า

SOV	SS	df	MS	sig
ตัวอย่าง	0.959	1	0.959	0.191
ผู้ทดสอบ	12.520	29	0.432	0.785
Error	82.855	149	0.556	
รวม	96.334	179		

ด้านรสขม

SOV	SS	df	MS	sig
ตัวอย่าง	0.122	1	0.122	0.664
ผู้ทดสอบ	26.898	29	0.928	0.081
Error	95.519	149	0.641	
รวม	122.539	179		

ความชอบโดยรวม

SOV	SS	df	MS	sig
ตัวอย่าง	0.133	1	0.133	0.591
ผู้ทดสอบ	18.692	29	0.645	0.099
Error	68.440	149	0.459	
รวม	87.266	179		



## ประวัติผู้วิจัย

### ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นาย กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์  
ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์

### ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วท.บ.	เทคโนโลยีทางอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2527
วท.ม.	เทคโนโลยีทางอาหาร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2529
Dr. nat. tech.	Food Technology	Agricultural University of Vienna	2539

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ

- กระบวนการแปรรูปอาหาร
- กระบวนการแปรรูปผักและผลไม้และธัญพืช
- ความปลอดภัยของอาหาร
- แป้งและผลิตภัณฑ์จากแป้ง

### รางวัลด้านวิจัยที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2545	รางวัลที่สามในการประกวดผลงานด้านการประดิษฐ์ สาขาอาหารแปรรูปที่ทำจากธัญพืช โครงการส่งเสริมและพัฒนาภูมิปัญญาไทยและโครงการส่งเสริมการคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา ในเรื่อง “ก๋วยเตี๋ยวสมุนไพร”	กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์
2548	รางวัลที่หนึ่งในการประกวดผลงานด้านการประดิษฐ์ สาขาสิทธิบัตรด้านการประดิษฐ์ ประเภทกรรมวิธีการผลิตอาหารหรือเครื่องดื่ม โครงการส่งเสริมและพัฒนาการคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา ในเรื่อง “แป้งขนมตาลสำเร็จรูป”	กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์

### ทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนวิจัย	สถาบันที่ให้
2540-2542	การผลิตอนุพันธ์ไฮริลของแป้งข้าวเจ้าโดยใช้เครื่องเอกซ์ทรูเดอร์	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2545	ก๋วยเตี๋ยวสมุนไพร	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2547	น้ำมะเม่าผง และ น้ำลูกยอผง	สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา
2551	การผลิตควินเทลสำหรับขนมไทย	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
2551	การศึกษาสภาวะการผลิตและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากเนื้อสุกรอนามัย ตามแนวทางการผลิตอาหารตามหลักเกณฑ์วิธีที่ดี (จี.เอ็ม.พี)	สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

### ผลงานวิจัย

#### ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่

- ประนอม พรชัยประสิทธิ์ สุวิมล กิรติพิบูล และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2543. การผลิตเนคต้าฟักทองโดยใช้เอนไซม์เพคตินเนส. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 18(2):10-19.
- ขวัญฤดี อินทริยะ วชิระ ส่งจิตร และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2544. การใช้ทุเรียนผงเพื่อใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค้ก และคุกกี้. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 19(1):26-32.
- จันทนา ชัดตา พรพรรณ ไตรปิ่นเพชร และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2544. การเสริมใยอาหารจากชงขนุนในผลิตภัณฑ์ขนมปัง เค้ก และคุกกี้. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 19(1):17-25.
- กฤษฎา วิริยะธีรกิจ เบญญาสิทธิ์ จิตรระมัย อารมย์ เหมือนสวาท และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2544. นมข้าวโพด. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 19(2):67-74.
- บุญยกฤต รัตนพันธุ์และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2544. ศึกษาการเตรียมเนื้อลูกตาลสุกและสภาวะการเก็บรักษาเนื้อลูกตาลอบแห้ง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 19(3):39-48.
- วรรณวรางค์ วัชรานานันท์และกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2545. การผลิตคอร์นชิพจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 20(1):79-86.
- ภัสณันณ เลิศพิทักษ์พงศ์, ศิริพัทธ์ อนุวาริพงษ์ และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2548. ผลของการใช้สมุนไพรบางชนิดเพื่อให้กลิ่นรสในขนมขบเคี้ยวจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 23(3):7-17.
- พรรณวดี วิถีสำราญธรรม, กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ และ สุวิมล กิรติพิบูล. 2550. สมบัติการใช้งานและการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนสกัดจากเมล็ดฝ้ายไร่ต่อมพิษ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 25(1):22-32.
- ดวงพร สามัตถิยะ, กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ และ สุวิมล กิรติพิบูล. 2550. คุณภาพเต้าหู้แข็งเมื่อใช้น้ำมะนาวเป็นตัวตกตะกอน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 25(1):33-46.
- พรรณวดี วิถีสำราญธรรม, กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ และ สุวิมล กิรติพิบูล. 2550. ภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนจากกากเมล็ดฝ้ายไร่ต่อมพิษ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 25(2):1-11.
- ปทุมวดี พำขุนทด, กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ และ ประภาภรณ์ วรรณระวาสิน 2551. น้ำมะเม่าสำเร็จรูปชนิดผง. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 26(2):58-68.

- โสภิตา สามัตถิยะ, กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์ และ สุวิมล กীরติพิบูล. 2551. คุณภาพเต้าหู้แข็งเมื่อใช้น้ำส้มเขียวหวานเป็นตัวตกตะกอน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 26(2):48-57.
- ชาญชัย ศรีพร และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2551. ผลของอายุกล้วยหักมุกต่อสมบัติทางกายภาพของผลกล้วยและสมบัติทางเคมีของแป้งกล้วย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 26(3):83-90.
- สุรศักดิ์ สัจจบุตร และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2551. ผลของการฉายรังสีแกมมาต่อสมบัติทางเคมีและการภาพระหว่างการเก็บรักษาของข้าวกล้องพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 26(3):61-72.
- กรรณิการ์ ทั้งทอง และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2551. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผลมะม่วงหิมพานต์แผ่น. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 26(3):1-8.
- กรรณิการ์ ทั้งทอง และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2552. ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บของผลไม้แผ่นจากผลมะม่วงหิมพานต์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 27(1):16-26.
- โสภิตา สามัตถิยะ สุวิมล กীরติพิบูล และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2552. คุณภาพของเต้าหู้แข็งเมื่อใช้น้ำส้มจี๊ดเป็นตัวตกตะกอน. วารสารอุตสาหกรรมเกษตรพระจอมเกล้า 1(1):70-80.
- เมทินี ห้วยหงษ์ทอง และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2552. ผลของปริมาณเจลาติน น้ำตาลทราย และกลูโคสไซรัปต่อคุณภาพของกัมมีเยลลี่มะม่วงหิมพานต์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 27(3):11-19.
- อชญา เล่งเวหาสธิตย์ และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2554. การวิเคราะห์ปัญหาของผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 29(1):85-95.
- นบนรัตน์ เฉลยถิ่น และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2554. การผลิตอาราเร่และเซมเบ้จากข้าวไทยมีสี. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 29(1):47-57.
- ปิ่นทนต์ วชิรศิริ และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2554. การทดแทนข้าวขาวด้วยข้าวกล้องงอกในขนมจีนแป้งหมัก. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 29(3-1):11-20.
- Huangrak K. and Berghofer E. 1996. Production of Modified Starch with Organosilane Reagents. Starch 96: Perspectives for a versatile raw material on the threshold of a new millennium. Leewenhorst Conference Center, The Netherlands.
- Watcharananun W., Cadwallader K. R., Huangrak K., Kim H. and Lorjaroenphon Y. 2009. Identification of Predominant Odorants in Thai Desserts Flavored by Smoking with “Tian Op”, a Traditional Thai Scented Candle. J. of Agricultural and Food Chemistry 57(3):996-1005.
- Watcharananun W. and Huangrak K. 2009. Analysis of Aroma Compounds in Trapping Solvents of Smoke from Tian Op, a Traditional Thai Scented Candle. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 43(4):808-816.

#### การเสนอผลงานวิชาการ

- สุวิมล กীরติพิบูล และ กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2542. การใช้ประโยชน์จากกากไก่ที่ได้จากโรงงานผลิตซูปไก่เข้มข้นในการผลิตกุนเชียงไก่และผงโรยข้าวญี่ปุ่น. การประชุมวิชาการในงานนิทรรศการ 30 ปี เกษตรเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 24-25 มิถุนายน 2542. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธงชัย พุดมทองศิริและกิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2546. ก๋วยเตี๋ยวสมุนไพรร. การประชุมวิชาการอุตสาหกรรม  
เกษตรครั้งที่ 5. ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค บางนา กทม. 30-31 พฤษภาคม 2546.  
หน้า 274-281.

Puttongsiri T. and Huangrak K. 2003. Preservation of Fresh Rice Noodle Using Hurdle  
Technology. The 5<sup>th</sup> Agro-Industrial Conference THAIFEX & THAIMEX 2003. Bitec  
Center, Bangkok. 30<sup>th</sup>-31<sup>st</sup> May 2003. pp. 500-507.